পদার্থবিজ্ঞান-বিচিন্তা

ডঃ অজয়কুমার চক্রবর্তী
নীলিমা চক্রবর্তী

পদার্থবিজ্ঞান-বিচিন্তা

[উচ্চ মাধ্যমিক, জয়েন্ট এন্ট্রান্স ও আই. আই. টি.
অ্যাড্‌মিশন টেস্ট পরীক্ষার্থীদের জন্য]

ডঃ অজয়কুমার চক্রবর্তী, এম. টেক., ডি. ইঞ্জ্‌. (প্যারিস),
রীডার, ফলিত পদার্থবিজ্ঞান বিভাগ, কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয় ;
প্রাক্তন অধ্যাপক, রামমোহন কলেজ, বিদ্যাসাগর কলেজ
(সান্ধ্য বিভাগ), কলিকাতা

এবং

'উচ্চ মাধ্যমিক পদার্থবিজ্ঞান', 'বিজ্ঞান-চেতনা', 'ব্যবহারিক পদার্থবিজ্ঞান',
'Fundamentals of Physics', 'পদার্থবিজ্ঞান' (স্নাতকশ্রেণীর),
'পদার্থবিজ্ঞানের অঙ্ক', 'মাধ্যমিক পদার্থবিজ্ঞান ও রসায়ন'
প্রভৃতি গ্রন্থের প্রণেতা।

ও

শ্রীমতী নীলিমা চক্রবর্তী, বি. এস-সি. (অনার্স), বি. এড.
শিক্ষিকা, নিউ নারী শিক্ষা সদন, কলিকাতা

এবং

'পদার্থবিজ্ঞানের অঙ্ক', 'মাধ্যমিক পদার্থবিজ্ঞান ও রসায়ন',
'Fundamental of Physics', 'পদার্থবিজ্ঞান ও রসায়ন',
ও 'ভৌত-বিজ্ঞান' গ্রন্থের প্রণেত্রী।

পুঁথিপত্র (ক্যালকাটা) প্রাইভেট লিমিটেড

৯ এ্যান্টনি বাগান লেন, কলিকাতা-৭০০ ০০৯
২ বঙ্কিম চ্যাটার্জী স্ট্রীট, কলিকাতা-৭০০ ০৭৩

প্রকাশক : এ. সাহা
পুথিপত্র (ক্যালকাটা) প্রাইভেট লিমিটেড
৯।১ এ্যাণ্টনি বাগান লেন, কলিকাতা-৭০০ ০০৯

প্রথম প্রকাশ : এপ্রিল, ১৯৭৯
দ্বিতীয় সংস্করণ, এপ্রিল, ১৯৮১
তৃতীয় সংস্করণ, এপ্রিল, ১৯৮৩
পুনর্মুদ্রণ, জুলাই, ১৯৮৫
চতুর্থ সংস্করণ, মার্চ, ১৯৮৬
পঞ্চম সংস্করণ, নভেম্বর, ১৯৮৬
পুনর্মুদ্রণ, আগস্ট, ১৯৮৭
পুনর্মুদ্রণ, মার্চ, ১৯৮৮
পুনর্মুদ্রণ, আগস্ট, ১৯৮৮
পুনর্মুদ্রণ, ফেব্রুয়ারি, ১৯৮৯

মূল্য : আটত্রিশ টাকা

মুদ্রাকর : এস. সাহা
ক্যালকাটা প্রিণ্টার্স। ৯ এ্যাণ্টনি বাগান লেন। কলিকাতা-৭০০ ০০৯
ও
বি. রায়
রায় প্রিণ্টার্স। ৯ এ্যাণ্টনি বাগান লেন। কলিকাতা-৭০০ ০০৯

উৎসর্গ

পরম শ্রদ্ধেয়
অধ্যাপক শ্রীযুক্ত মনোরঞ্জন দে-কে

অজয় ও নীলিমা

পঞ্চম সংস্করণের ভূমিকা

চতুর্থ সংস্করণ প্রকাশিত হইয়াছিল মাত্র সাত মাস আগে। এত দ্রুত বইটির পূর্ববর্তী সংস্করণ নিঃশেষিত হইয়া যাওয়ায় বুঝা গেল যে, বইটি ছাত্রছাত্রীদের কাছে সমাদৃত হইয়াছে। বর্তমান সংস্করণের সুযোগে আরও বেশ কিছু নতুন হ্রস্বোত্তর প্রশ্ন এবং উহাদের উত্তর বইটিতে সংযোজিত হইয়াছে। ইহাতে ছাত্রছাত্রীদের নিকট গ্রন্থটির উপযোগিতা বহুলাংশে বৃদ্ধি পাইবে বলিয়া আমাদের বিশ্বাস।

বইটির পক্ষে উপযোগী আরও বহু প্রশ্ন আমাদের গোচরে আসিয়াছে। সেই সকল প্রশ্নের প্রত্যেকটিকেই এই বইতে যোগ করিবার ইচ্ছা ছিল। কিন্তু প্রধানত সময়ের অভাবে তাহা সম্ভবপর হয় নাই। আমাদের আশা, আগামী সংস্করণে আরও শতাধিক প্রশ্ন বইটির অন্তর্ভুক্ত করিতে পারিব।

বইটির উৎকর্ষ বৃদ্ধির ব্যাপারে যে-কোন পরামর্শ ও মতামত ধন্যবাদ ও কৃতজ্ঞতার সহিত গৃহীত হইবে। বইটির অন্তর্ভুক্তির জন্য উপযুক্ত প্রশ্ন পাঠাইলে আমরা বাধিত হইব।

অজয়কুমার চক্রবর্তী
ও
নীলিমা চক্রবর্তী

প্রথম সংস্করণের ভূমিকা

'পদার্থবিজ্ঞান-বিচিন্তা' প্রচলিত প্রশ্নোত্তর জাতীয় গ্রন্থ নয়। ছাত্রছাত্রীদিগকে সহজে পরীক্ষাতরী পার করাইবার সঙ্কীর্ণ উদ্দেশ্যে এই গ্রন্থটি রচিত হয় নাই। 'পদার্থবিজ্ঞান-বিচিন্তা' গ্রন্থটি মূলত পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন বিষয়-সংক্রান্ত বহুসংখ্যক চিন্তা-উদ্দীপক প্রশ্ন ও উহাদের সমাধানের সংকলন। এই প্রশ্নাবলীর সমাধান করিলে পদার্থবিজ্ঞানের অনেক খুঁটিনাটি বিষয় ছাত্রছাত্রীদের আয়ত্তে আসিবে। তখন তাহারা নিজেরাই এইরূপ নানা প্রশ্নের সঠিক সমাধান খুঁজিয়া পাইবে।

শিক্ষাক্ষেত্রে 'প্রশ্ন ব্যাঙ্ক'-এর ধারণা বর্তমানে যথেষ্ট জনপ্রিয় হইয়াছে। 'প্রশ্ন ব্যাঙ্ক' নিছক কতকগুলি প্রশ্নের সংকলন নয়। পঠিতব্য বিষয়গুলির খুঁটিনাটি জ্ঞাতব্যগুলিকে ছাত্রছাত্রীদের গোচরে আনাই 'প্রশ্ন ব্যাঙ্ক'-এর প্রধান উদ্দেশ্য। অর্থাৎ, পঠন-পাঠনের মান উন্নয়নের উদ্দেশ্যেই 'প্রশ্ন ব্যাঙ্ক'-এর ধারণা চালু হইয়াছে। বর্তমান গ্রন্থটি পদার্থবিজ্ঞানের পঠন-পাঠনের ক্ষেত্রে একটি মূল্যবান প্রশ্ন ব্যাঙ্কের ভূমিকা লইবে বলিয়া আমাদের বিশ্বাস। বর্তমান গ্রন্থে যে-সকল প্রশ্ন দেওয়া হইয়াছে সেইগুলি সংগ্রহের জন্য বহুসংখ্যক দেশী ও বিদেশী গ্রন্থ অনুসন্ধান করিতে হইয়াছে। ইহা ছাড়া আই. আই. টি. অ্যাড্‌মিশন্ টেস্ট, জয়েন্ট এণ্ট্রান্স, মেরিন ইঞ্জিনীয়ারিং অ্যাড্‌মিশন্ টেস্ট ইত্যাদি পরীক্ষার প্রশ্নপত্র হইতেও বহুসংখ্যক প্রশ্ন সংগ্রহ করা হইয়াছে। বলা বাহুল্য, এই সকল প্রতিযোগিতা-মূলক পরীক্ষার ছাত্রছাত্রীরা এই গ্রন্থ পাঠ করিয়া যথেষ্ট উপকৃত হইবে।

উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা-সংসদ্ কর্তৃপক্ষ সম্প্রতি যে-সকল নমুনা প্রশ্ন প্রকাশ করিয়াছেন তাহাতে বেশ কিছু সংখ্যক 'সর্ট আনসার্ টাইপ' প্রশ্ন [short-answer-type-questions) স্থান পাইয়াছে। এইরূপ প্রশ্নের উদ্দেশ্য কী—সংসদ্-প্রকাশিত নমুনা প্রশ্ন-সম্বলিত পুস্তিকার 'ভূমিকা'য় উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা সংসদের সভাপতি মহোদয় তাহা উল্লেখ করিয়াছেন। ভূমিকায় তিনি বলিয়াছেন "...the Council s desire is not so narrow and limited only to help the candidates for the examination to get a hint from the specimen questions, but it aims at achieving a larger objective of improving teaching-learning process. Students have to be helped by the teachers to assimilate the subjects they are exposed to, so that they may be able to deal with any question and problem they are asked for on the subject...". 'পদার্থ-বিজ্ঞান-বিচিন্তা' গ্রন্থটিও অনুরূপ উদ্দেশ্য লইয়া রচিত হইয়াছে। সংসদের সদ্য প্রকাশিত (মার্চ, ১৯৭৯) নমুনা প্রশ্নের 'সর্ট-আন্‌সার টাইপ' প্রশ্নগুলির এবং অনুরূপ আরও বহু-সংখ্যক প্রশ্নের সমাধান এই গ্রন্থে পাওয়া যাইবে। কাজেই এই গ্রন্থটি উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার্থীদের পক্ষেও অত্যন্ত উপযোগী হইবে বলিয়া আমাদের বিশ্বাস।

এই বইটির একটি প্রধান বৈশিষ্ট্য হইল এই যে, প্রচলিত প্রশ্নোত্তর জাতীয় বই-এর মত এই বইটিতে প্রশ্ন এবং উত্তর একই সঙ্গে দেওয়া হয় নাই। ছাত্রছাত্রীদের প্রতি আমাদের

নির্দেশ এই যে, তাহারা যেন প্রথমে নিজেরাই প্রশ্নগুলির সমাধান করিতে চেষ্টা করে। ইহার পর তাহারা উত্তরগুলি দেখিয়া নিজেদের ভুলভ্রান্তিগুলি সংশোধন করিয়া লইতে পারিবে। এইরূপ চর্চার মাধ্যমেই তাহারা পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন বিষয়কে ভালভাবে আয়ত্ত করিতে পারিবে।

বইটির বর্তমান সংস্করণে প্রায় সাড়ে চারিশত বাছাই-করা প্রশ্ন ও উহাদের সমাধান দেওয়া হইয়াছে। কিন্তু আরও বহুসংখ্যক প্রয়োজনীয় প্রশ্ন এই গ্রন্থে অন্তর্ভুক্ত করার প্রয়োজন ছিল। বর্তমান মুদ্রণের এই অসম্পূর্ণতা সম্বন্ধে আমরা সম্পূর্ণ সচেতন। মূলত সময়ের অভাবে বহুসংখ্যক প্রয়োজনীয় প্রশ্নকে সংস্করণে স্থান দেওয়া সম্ভব হইল না। গ্রন্থটির পরবর্তী সংস্করণে আরও বহুসংখ্যক প্রয়োজনীয় প্রশ্ন সংযোজন করিবার ইচ্ছা রহিল। আমরা আশা করি যে, কয়েকটি সংস্করণের পর এই বইটি পদার্থবিজ্ঞানের পঠন-পাঠনের ক্ষেত্রে একটি মূল্যবান গ্রন্থের মর্যাদা লাভ করিবে।

ব্যক্তিগত কারণে অতি দ্রুত ছাপার কাজ শেষ করিতে হইয়াছে। তাই আশঙ্কা হইতেছে, হয়তো কিছু ছাপার ভুল থাকিয়া গেল। শিক্ষক ও অধ্যাপকগণের নিকট আমাদের অনুরোধ এই যে, যদি এই গ্রন্থে কোন ভুলভ্রান্তি তাঁহাদের চোখে পড়ে তাহা হইলে ছাত্রছাত্রীদের স্বার্থে যেন আমাদের গোচরে আনেন।

পাণ্ডুলিপি রচনার সময় বিভিন্ন মতামত ও পরামর্শ দিয়া যাঁহারা আমাদের নানাভাবে সাহায্য করিয়াছেন তাঁহাদের মধ্যে আছেন অধ্যাপক সমরেন্দ্রনাথ ঘোষাল, ডঃ ব্রহ্মানন্দ দাশগুপ্ত, অধ্যাপক বটকৃষ্ণ সোম, অধ্যাপক ললিতকুমার ব্যানার্জী, অধ্যাপক দিলীপ গোস্বামী, অধ্যাপক হরমোহন মুখোপাধ্যায়, অধ্যাপক বিভাঙ্কুর মজুমদার ও ডঃ সঙ্কিকুমার বেরা। তাঁহাদের নিকট আমরা চিরকৃতজ্ঞ রহিলাম। পুথিপত্র ও প্রেসের কর্মিবৃন্দের ঐকান্তিক সহযোগিতা ভিন্ন এত দ্রুত ছাপার কাজ শেষ করা সম্ভব ছিল না। তাঁহাদের নিকট আমরা কৃতজ্ঞতা জানাইতেছি। ভাষাগত ত্রুটি-বিচ্যুতির প্রতি আমাদের দৃষ্টি আকর্ষণ করিয়া বন্ধুবর শ্রীযুক্ত মনীন্দ্র ঘটক আমাদিগকে কৃতজ্ঞতা-পাশে আবদ্ধ করিয়াছেন। পরম আগ্রহ ও নৈপুণ্যের সহিত বইটির প্রচ্ছদ ও অন্যান্য ছবি আঁকিয়াছে আমাদের অনুজপ্রতিম শ্রীমান্ শিশির ব্যাপারী। তাহার প্রতি আমাদের কৃতজ্ঞতার সীমা নাই।

গ্রন্থটির উৎকর্ষ-বৃদ্ধির ব্যাপারে যে-কোন পরামর্শ ধন্যবাদ ও কৃতজ্ঞতার সহিত গৃহীত হইবে।

অজয়কুমার চক্রবর্তী
ও
নীলিমা চক্রবর্তী

সূচীপত্র

প্রশ্নাবলী

ভেক্টর রাশি, নির্দেশ ফ্রেম ও গতি

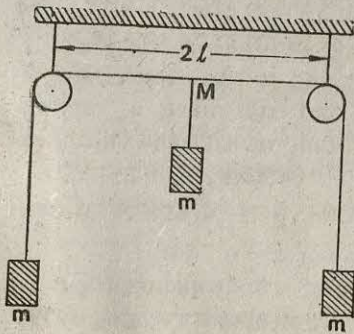
1. (i) দুইটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হইতে পারে কি ? (ii) তিনটি ভেক্টরের লব্ধি কি শূন্য হইতে পারে ? সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর।

[(i) Can two vectors of different magnitude be combined to give zero resultant ? (ii) Can three vectors ? Explain your answer briefly.] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1978)

2. তির্যক্‌ভাবে ক্রিয়াশীল দুইটি ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হইতে পারে কি ?
[Can the resultant of two vectors acting obliquely be equal to zero ?]

3. দুইটি ভেক্টরের লব্ধির মান কি উহাদের উভয়ের মান অপেক্ষা কম হইতে পারে ? ব্যাখ্যা কর।

[Can the magnitude of resultant of the two vectors be smaller than magnitude of either ? Explain.] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

4. দুইটি ঘর্ষণহীন কপিকলের উপর দিয়া গিয়াছে এইরূপ একটি তারের দুই প্রান্ত হইতে দুইটি সদৃশ বাটখারা ঝুলাইয়া দেওয়া হইল (চিত্র 1)। যদি একই ভরের তৃতীয় একটি বাটখারাকে অনুভূমিক তারটির মধ্যবিন্দুতে যুক্ত করা হয় তাহা হইলে উহা কতটা নীচে নামিয়া যাইবে ? কপিকল দুইটির অক্ষের মধ্যবর্তী দূরত্ব $2l$।

চিত্র 1

[Two identical weights are suspended from the two ends of a string passing through two frictionless pulleys (Fig. 1). Through what distance will a third weight

of same mass lower if it is attached to the midpoint of the horizontal string ? The distance between the axes of the pulleys is $2l$.]

5. দেখাও যে, একটি দড়ির মধ্যস্থলে একটি ওজন ঝুলাইয়া দিলে দড়িটিকে কখনও অনুভূমিক অবস্থায় সাম্যে রাখা যায় না।

[Show that if a weight is hung from the midpoint of a cord, it will never be possible to get the cord to be horizontal.]

(সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

6. কোন গাড়ি আট্‌কাইয়া গেলে উহাকে সচল করিতে নিম্নোক্ত কৌশলটি প্রয়োগ করিতে দেখা যায় : একটি দড়িকে ঐ গাড়ি এবং একটি বৃক্ষের সহিত এমন ভাবে যুক্ত করা হয় যাহাতে দড়িটি যতটা সম্ভব টান-টান অবস্থায় থাকে। ইহার পর কোন ব্যক্তি যদি দড়িটিকে উহার দৈর্ঘ্যের সহিত প্রায় সমকোণ অভিমুখে টানে (চিত্র 2) তাহা হইলে সে সহজেই গাড়িটিকে সচল করিতে পারে। ইহা কীরূপে সম্ভব হয় ?

চিত্র 2

[The following trick is applied to move a car which is stuck : a rope is attached to the car and a tree, the rope being as taut as possible. Then if a man pulls on the rope along a direction almost at right angles to it (Fig. 2), he will easily move the car. Why is this possible ?]

7. (a) গতিবেগ শূন্য হইলেও কোন বস্তুর ত্বরণ থাকিতে পারে কি ? (b) কোন বস্তুর দ্রুতি ধ্রুবক হইলেও উহার গতিবেগ পরিবর্তনশীল হইতে পারে কি? (c) কোন বস্তুর গতিবেগ ধ্রুবক হইলেও উহার দ্রুতি পরিবর্তনশীল হইতে পারে কি?

[(a) Can a body have zero velocity and still be accelerating ? (b) Can a body have a constant speed and still have a varying velocity ? (c) Can a body have a constant velocity and still have a varying speed ?] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

8. যখন কোন বস্তুর ত্বরণ স্থির থাকে তখন উহার গতিবেগের অভিমুখ বদলাইতে পারে কি ?

[Can the direction of the velocity of a body change when its acceleration is constant ?] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

9. কোন বস্তুর গতিবেগ পূর্বাভিমুখী এবং সেইসঙ্গে ত্বরণ পশ্চিমাভিমুখী হইতে পারে কি ?

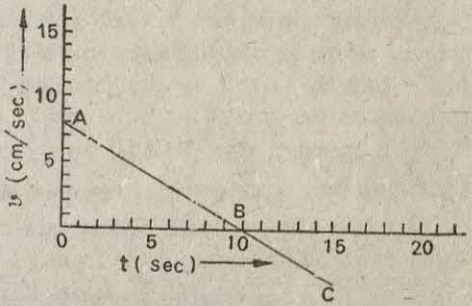
[Can an object have an eastward velocity while experiencing westward acceleration ?] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

10. গতি দ্বিমাত্রিক হইলে ত্বরণ একমাত্রিক হইতে পারে কি ?

[Can there be motion in two-dimensions with an acceleration in only one dimension ?]

11. একটি ট্রেন সরলরেখা বরাবর চলিতেছে। নিম্নলিখিত দুইটি ক্ষেত্রে গতিবেগ-সময় লেখচিত্রটির প্রকৃতি কীরূপ হইবে তাহা ব্যাখ্যা কর : (i) ট্রেনটি সম-ত্বরণে ছুটিতেছে, (ii) ট্রেনটির ত্বরণ ক্রমশ বাড়িতেছে।

[A train is moving along a straight track. Explain what would be the nature of its velocity-time graph in the following cases. (i) It is moving with uniform acceleration. (ii) Its acceleration is increasing.] (H. S. 1978)

12. কোন বস্তুকণার গতির লেখচিত্র দেওয়া হইয়াছে (চিত্র 3)। এই গতির প্রকৃতি নির্ণয় কর। বস্তুকণার প্রাথমিক গতি এবং ত্বরণের মান নির্ণয় কর। বস্তুকণার সরণের সহিত সময়ের সম্পর্কটি সমীকরণের আকারে প্রকাশ কর। লেখচিত্রের B বিন্দুতে বস্তুর গতি কী হইবে ? এই মুহূর্তের পরে বস্তুকণার গতি কীরূপ হইবে ?

চিত্র 3

[Given the graph of the motion of a particle, determine the nature of the motion (Fig. 3). Find the initial velocity and the acceleration of the particle. Write the equation of displacement in terms of time. What happens to the motion of body at the moment corresponding to the point B ? How does the body move after this moment ?]

13. কোন বস্তু পশ্চিমদিকে চলিতেছে, অথচ ত্বরণের অভিমুখ পূর্ব, পশ্চিম, উত্তর, দক্ষিণ ইহাদের কোনটিই নয় এইরূপ হওয়া কি সম্ভব ? একটি উদাহরণের সাহায্যে উত্তর দাও।

[Can an object move westward with an acceleration which is neither eastward nor westward, nor northward, nor southward ? Give an example.]

14. একটি ট্রেন দুইটি স্থানের দূরত্বের প্রথমার্ধ v_1 দ্রুতিতে এবং দ্বিতীয়ার্ধ v_2 দ্রুতিতে অতিক্রম করিল। ট্রেনটির গড় দ্রুতি কত ?

[A train covers the first half of the distance between two places at a speed of v_1 and the second half at v_2. What is the average speed of the train ?]

15. 'ভৌত সূত্রাবলী সকল নির্দেশ ফ্রেমে অভিন্ন হইলেও ভৌত রাশিগুলির পরিমিত মান অভিন্ন না-ও হইতে পারে।' ব্যাখ্যা কর।

['Although physical laws are the same in all reference frames the measured values of the physical quantities may not be.' Explain.]

16. 'সকল গতিই আপেক্ষিক'। উক্তিটি আলোচনা কর।

['All motion is relative.' Discuss the statement.]

17. সমান গতিবেগ লইয়া চলমান রেলগাড়িতে আসীন একটি বালক কামরার বাহিরে ঝুঁকিয়া একটি মুদ্রা ফেলিল। (*i*) ট্রেনের আরোহীর সাপেক্ষে এবং (*ii*) রেল লাইনের পাশে ভূমিতে দণ্ডায়মান কোন ব্যক্তির সাপেক্ষে মুদ্রাটির সঞ্চারপথ কী হইবে ?

[A boy sitting on a rail road car moving with a constant velocity drops a coin while leaning over the car. Describe the path of the coin as (*i*) seen by the man on the train. (*ii*) a person standing on the ground near the rail.] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

18. উল্লম্বভাবে পতনশীল বারিবিন্দুকে কোন সাইকেল-আরোহী সম্মুখ হইতে তির্যক-ভাবে নিচে নামিয়া আসিতে দেখে কেন ব্যাখ্যা কর।

[Explain why vertically falling rain drops appear to a cyclist to came down obliquely from the front.]

(C. U. I. Sc. 1951 ; সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

19. একটি পাত্রকে বৃষ্টিতে রাখিয়া দেওয়া হইল। পাত্রটি বৃষ্টির জল দ্বারা যে-হারে ভর্তি হইতে থাকে, বায়ু বহিতে থাকিলে উহার কি কোন পরিবর্তন হইবে ?

[A bucket is left out in the rain. Will the speed at which the bucket is filled with water be altered if a wind starts to blow ?]

20. দেখাও যে, পরস্পরের সহিত লম্বভাবে অবস্থিত দুইটি সমান বলের যোগ-ফল এবং অন্তর-ফল পরস্পর সমান এবং উহারা পরস্পরের সহিত লম্বভাবে অবস্থিত।

[Show that the sum and the difference of two forces that are perpendicular and equal in magnitude are also equal in magnitude and perpendicular to each other.]

নিউটনের গতিসূত্র ও ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র

21. নিউটনের প্রথম সূত্রটি কি সকল নির্দেশ ফ্রেমেই প্রযোজ্য ? আলোচনা কর।

[Is Newton's first law valid for all frames of reference ? Discuss.] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

22. 'নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র হইতেই প্রথম সূত্রটি পাওয়া যায়।' ব্যাখ্যা কর।

['Newton's first law of motion can be derived from his second law.' Explain.]

23. 'ভরই বস্তুর জাড্যের পরিমাপ।' ব্যাখ্যা কর।

["Mass is the measure of inertia of a body.' Explain.]

(সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

24. 'যখন কোন রিক্সাচালক সবে চলিতে আরম্ভ করিয়াছে এবং আস্তে আস্তে চলিতেছে তখন তাহাকে অনেক বেশি বল প্রয়োগ করিতে হয়, কিন্তু কিছু সময় পর যখন সে দ্রুত চলিতেছে তখন তাহাকে পূর্বাপেক্ষা কম বল প্রয়োগ করিতে হয়।' যুক্তিসহ বুঝাইয়া বল।

['A rickshaw puller has to exert a bigger force when he just begins to move and is still moving slowly than when, after a few minutes, he is running faster.' Explain the statement with reasons.]

25. সিলিং হইতে একটি সূতা C-এর সাহায্যে m ভরবিশিষ্ট একটি ব্লককে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল (চিত্র 4) এবং ব্লকটির তলায় অপর একটি সূতা D যুক্ত করা হইল। যদি D সূতায় একটি আকস্মিক টান প্রয়োগ করা হয় তাহা হইলে উহা ছিঁড়িয়া যায়, কিন্তু D-কে স্থিরভাবে টানা হইলে C সূতাটি ছিঁড়িয়া যায়। ব্যাখ্যা কর।

[A block of mass m is supported by a cord C from the ceiling and another cord D is attached to the bottom of the block. Explain this : If you give a sudden jerk to D, it will break ; if you pull on D steadily, C will break.]

চিত্র 4

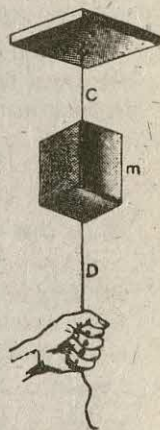
26. কোন অ্যাথ্‌লিট লং-জাম্প দিবার পূর্বে কিছুটা দূর হইতে দৌড়াইয়া আসে কেন ?

[Why does an athelete run from a little distance before taking a long jump ?]

27. 'নিউটনের প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্র একই বস্তু সম্পর্কিত, কিন্তু তৃতীয় সূত্রটিতে অপর একটি বস্তুর উল্লেখ থাকে।' উক্তিটি ব্যাখ্যা কর।

['Newton's first and second law relate to the same body, but the third law introduces another body.' Explain the statement.]

28. নিউটনের সূত্রানুসারে একটি ঘোড়া যত জোরেই একটি গাড়িকে টানুক না কেন গাড়িটিও ঘোড়াটিকে সমান বলে বিপরীত দিকে টানিবে। এইরূপ হইলে, সম্মুখের দিকে ঘোড়া এবং গাড়ির ত্বরণ সৃষ্টি হয় কীরূপে ?

[According to Newton's third law, whatever the force with which a horse pulls a waggon, the waggon pulls back on the horse with exactly the same force but in opposite direction. This being so, why do the horse and waggon travel forward with an acceleration ?]

29. কাচের জানালায় বুলেট ছুঁড়িলে উহাতে একটি ছিদ্র হয়, কিন্তু ঢিল ছুঁড়িলে কাচ ভাঙিয়া যায় কেন ব্যাখ্যা কর।

[Explain why a bullet fired against a window frame will make a clean hole while a stone thrown at it will make it crack.]

30. উলের কোটকে ছড়ি দিয়া আঘাত করিলে উহা হইতে ধূলিকণা বাহির হইয়া যায় কেন ?

[When a woollen coat is beaten with a stick, the dust particles fall off. Why ?]

31. চলন্ত ট্রামগাড়ি হইতে অসতর্কভাবে নামিলে আরোহী সম্মুখের দিকে পড়িয়া যায়। ব্যাখ্যা কর।

[A passenger descending carelessly from a tramcar falls forward. Explain.]

32. এমন দুইটি পরিস্থিতির উল্লেখ কর যেখানে আপাত-দৃষ্টিতে মনে হয় যে, একটি স্থির লব্ধি বল একটি বস্তুতে স্থির গতিবেগ উৎপন্ন করে। প্রকৃতপক্ষে, কেন তাহা নয়, ব্যাখ্যা কর।

[Suggest two situations in which it appears that a constant resultant force produces a constant velocity. Explain why this is, in fact, not so.]

33. নিউটনের সূত্রানুসারে, কেবলমাত্র অন্য কোন বস্তু-কর্তৃক প্রযুক্ত বাহ্যিক বলই কোন বস্তুর গতীয় অবস্থার পরিবর্তন করিতে পারে। যখন কোন স্ব-চালিত যানকে ব্রেক কষিয়া থামান হয় তখন কোন্ বাহ্যিক বল উহাকে স্থির অবস্থায় আনে ?

[According to Newton's law, only an outside force impressed by another body can alter the state of motion of a given body. Then what outside force brings a car or any other self-moving vehicle to a stop under breaking ? (সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

34. একটি ভারী রেলগাড়িকে সচল করিবার জন্য ইঞ্জিনের চালক প্রথমে গাড়িটিকে কিছুটা পিছনে চালায়। ইহার পর সে ট্রেনটিকে সামনের দিকে চালায়। এইরূপে ট্রেনটিকে গতিশীল করা সহজতর হয় কেন ?

[To start a heavy railway train, engine driver first moves the train a little backwards. He then starts the train in the forward direction. Why is it easier to move a train in this manner ?]

35. ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান। তাহা হইলে বল প্রয়োগ করিয়া কোন বস্তুর গতির পরিবর্তন করা যায় কীরূপে ?

[Action and reaction are equal and opposite. Then how does a body subjected to a force change its state of motion ?]

36. একটি স্থির গাড়িতে আসীন কয়েকজন আরোহী ইহাকে ভিতর হইতে ঠেলিতেছে। ইহাতে গাড়িটি চলিবে কি ? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[Some of the passengers sitting inside a stationary carriage push it from inside. Will the carriage move ? Give reasons for your answer.]

37. কোন্ ক্ষেত্রে দড়ির টান বেশি হইবে—যখন দুই ব্যক্তি দড়ির দুই প্রান্ত ধরিয়া F বলে বিপরীত দিকে টানে, নাকি যখন দড়ির একপ্রান্ত একটি দৃঢ় অবলম্বনের সহিত বাঁধিয়া এক ব্যক্তি অপর প্রান্ত ধরিয়া 2F বলে টানে ?

[In which case will the tension in a rope be greater : when two men pull the ends of the rope with equal force F in opposite directions, or when one end of the rope is fastened to a support and the other is pulled by a man with force 2F ?]

38. একটি বালক হাতে একটি স্প্রিং-তুলা লইয়া উহা হইতে 100 gm ভার ঝুলাইয়া দিল। স্প্রিং-তুলাটি তাহার হাত হইতে ফস্‌কাইয়া নিচে পড়িয়া গেল। যখন স্প্রিং-তুলাটি বায়ুতে রহিয়াছে তখন উহার পাঠ কত হইবে ?

[A boy holding a spring balance in his hand suspends a weight of 100 gm from it. The balance slips from his hand and falls down. What will be the reading of the balance while it is in air ?]

(সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

39. বন্দুকের বাট কাঁধের সহিত দৃঢ়ভাবে চাপিয়া ধরিয়া গুলি ছুঁড়িলে যে-'ধাক্কা' লাগে কাঁধের সহিত আল্‌গাভাবে ঠেকাইয়া গুলি ছুঁড়িলে তদপেক্ষা বেশি ধাক্কা লাগে কেন ?

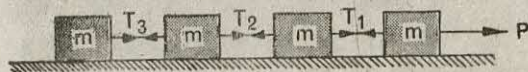
[Why does a gun appear to have a greater kick when fired with the but held loosely against the shoulder than when held tightly ?]

40. 'এক ব্যক্তি একটি লিফ্‌টের মধ্যে দণ্ডায়মান রহিয়াছে। লিফ্‌টটি ঊর্ধ্বমুখে ত্বরণ লইয়া উঠিতে থাকিলে ঐ ব্যক্তির নিজেকে অপেক্ষাকৃত ভারী মনে হয়।' ব্যাখ্যা কর।

[A man is standing inside a lift. When the lift is rising vertically upward with an acceleration, the man feels himself heavier. Explain.]

41. একটি লিফ্‌ট $2g$ ত্বরণ লইয়া উপরে উঠিতেছে (g=অভিকর্ষজ ত্বরণ)। ঐ লিফ্‌টে m ভরবিশিষ্ট এক ব্যক্তি রহিয়াছে। লোকটির উপর লিফ্‌টের মেঝে কী পরিমাণ প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করিবে ?

[A lift is going up with an acceleration $2g$ (g=acceleration due to gravity). A man is inside the lift and his mass is m. What will be the reaction of the floor on the man ?]

42. m ভরবিশিষ্ট একই প্রকার চারটি ব্লককে সূতার সাহায্যে যুক্ত করিয়া একটি অনুভূমিক টেবিলে বসান হইল (চিত্র 5)। প্রথম ব্লকটিতে P বল প্রয়োগ করা হইল। প্রতিটি সূতার টান নির্ণয় কর। ব্লক এবং টেবিলের স্পর্শতলের ঘর্ষণ-বল উপেক্ষা কর।

চিত্র 5

[Four similar blocks each of mass m are joined by strings and

placed on a smooth table (Fig. 5). A force P is applied to the first block. Find the tension in each of the strings. Neglect the frictional forces between the blocks and the table.]

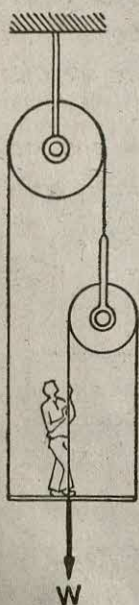
43. একটি ঘর্ষণহীন অনুভূমিক তলে অবস্থিত L দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি সুষম দড়ির প্রান্তকে F বলে টানা হইল। যে-প্রান্তে বল প্রয়োগ করা হইয়াছে উহা হইতে l দূরত্বে দড়ির টান কত হইবে ?

[A uniform rope of length L, resting on a frictionless horizontal surface, is pulled at one end by a force F. What is the tension in the rope at a distance l from the end where the force is applied ?]

(I. I. T. Adm. Test, 1978)

44. A প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট এবং ρ ঘনত্ববিশিষ্ট একটি জলের জেট u গতিবেগে আসিয়া একটি দেওয়ালের উপর সমকোণে আঘাত করিতেছে। জল প্রতিক্ষিপ্ত না হইয়া ছড়াইয়া পড়ে এইরূপ ধরিয়া লইলে দেওয়ালের উপর জল-কর্তৃক প্রযুক্ত ধাক্কা-বল কত হইবে ?

[A jet of water of cross-section A and density ρ and velocity u strikes a rigid wall at right angles. Assuming that the water spreads out without backsplash, calculate the push of the water on the wall.

45. 6 নং চিত্রের অনুরূপ অবস্থার পাটাতনে দণ্ডায়মান ব্যক্তি দড়িতে কী বল প্রয়োগ করিলে পাটাতনটিকে সাম্যে রাখিতে পারিবে ? ধরিয়া লও যে, ঐ ব্যক্তির ওজন W kg-wt। পাটাতন, কপিকল এবং দড়ির ওজন উপেক্ষা কর।

চিত্র 6

[With what force must a man pull on the rope to hold the platform in position if the man weighs W kg-wt (Fig. 6) ? Neglect the weight of the platform, rope and pulley.]

46. চলন্ত সাইকেলের আরোহী সাইকেলের হাতল পিছনের দিকে টানিয়া চলন্ত সাইকেল থামাইতে পারে না কেন ব্যাখ্যা কর।

[Explain why a cyclist cannot stop the moving cycle by pulling its handles backward.]

47. পরস্পর হইতে কিছুটা দূরত্বে স্থির জলের উপর ভাসমান দুইটি নৌকার উপর দুই ব্যক্তি মুখোমুখি দাঁড়াইয়া আছে। তাহারা দুইজনে একটি দড়ির দুই প্রান্ত ধরিয়া আছে। দড়িটি ধরিয়া দুইজনেই টানুক বা যে-কোন একজনই টানুক দেখা যাইবে যে, নৌকা দুইটি একই স্থানে আসিয়া মিলিত হইতেছে। ইহার কারণ কী ? নৌকা দুইটি মিলিত হইতে যে-সময় লাগিবে তাহা কি উক্ত দুই ক্ষেত্রে আলাদা হইবে ? (ঘর্ষণ উপেক্ষা কর)

[Two men stand facing each other on two boats floating in still water at a short distance apart. A rope is held at two ends by both. The two boats are found to meet always at the same point whether each man pulls separately or both pull together. Why ? Will the time taken to meet be different in the two cases ? (Neglect friction.)] (I. I. T. Adm. Test (1974), Group A)

48. কোন স্প্রিং-তুলা হইতে ঝুলন্ত একটি বাক্সে একটি পাখি আবদ্ধ রহিয়াছে। পাখিটি যখন বাক্সের তলায় বসিয়া আছে তখন স্প্রি-তুলার পাঠ লওয়া হইল। পাখিটি বাক্সের তলা হইতে উঠিয়া গেলে এবং বাক্সের মধ্যে উড়িতে থাকিলে স্প্রিং-তুলার পাঠের কী পরিবর্তন হইবে ?

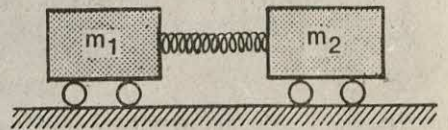
[A bird is enclosed in a box suspended from a spring balance. The reading of the spring balance is recorded when the bird is sitting on the bottom of the box. How will the reading of the spring balance change if the bird takes off and hovers inside the box ?]

49. জেট বিমান অধিক উচ্চতায় উড়ে, কিন্তু প্রপেলারযুক্ত বিমান অপেক্ষাকৃত কম উচ্চতায় উড়ে। ইহার কারণ কী ?

[Jet planes generally fly at higher altitude while the propeller planes fly at lower altitudes. Why ?] (I. I. T. Adm. Test., 1976)

50. একটি নৌকা নিশ্চল জলে স্থির অবস্থায় রহিয়াছে। একটি লোক ঐ নৌকার উপর দিয়া এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে হাঁটিয়া গেল। ইহাতে নৌকাটি কতটা সরিবে ? ধরিয়া লও যে, নৌকার ভর=M, লোকটির ভর=m এবং নৌকার দৈর্ঘ্য=L (জলের বাধা উপেক্ষা কর)।

[A boat is at rest on stagnant water. A man in the boat walks from the bow to the stern. What distance will the boat move ? Assume that the mass of the boat = M, mass of the man = m and the length of the boat = L. Neglect the resistance of water.]

51. m_1 এবং m_2 ভরবিশিষ্ট দুইটি ট্রাকের মধ্যস্থলে একটি স্প্রিং সংনমিত অবস্থায় আছে (চিত্র 7)। ট্রাক দুইটিকে মুক্ত করা হইলে স্প্রিংটি উভয়ের উপর t সময় ধরিয়া F মানের গড় বল প্রয়োগ করে। দেখাও যে, স্প্রিংটির ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যাইবার পর ট্রাক দুইটি অনুভূমিক রাস্তা ধরিয়া এমনভাবে চলিতে থাকে যাহাতে (ট্রাক দুইটির দ্বারা গঠিত সংস্থার) ভারকেন্দ্রটি স্থির অবস্থায় থাকে। ঘর্ষণ উপেক্ষা কর।

চিত্র 7

[A spring is compressed between two trucks of masses m_1 and m_2 (Fig. 7). When the trucks are released, the spring acts on

each with an average force F for a time t. Show that, after the spring ceases to act, the trucks will move on horizontal tracks in such a way that the centre of gravity remains motionless. Neglect friction.]

52. একটি দড়ি যথেষ্ট উঁচুতে ঝুলান কপিকলের উপর দিয়া গিয়াছে। সমান ওজনের দুইটি বাঁদর দড়ির দুই বিপরীত প্রান্ত বাহিয়া উপরে উঠিতেছে। একটি বাঁদর দড়ির সাপেক্ষে অপরটি অপেক্ষা দ্রুত উপরে উঠিতেছে। কোন্ বাঁদরটি আগে উপরে উঠিবে ? ধরিয়া লও যে, কপিকলটি ওজনহীন এবং দড়িটি ওজনহীন ও সম্প্রসারণ-প্রবণতাহীন।

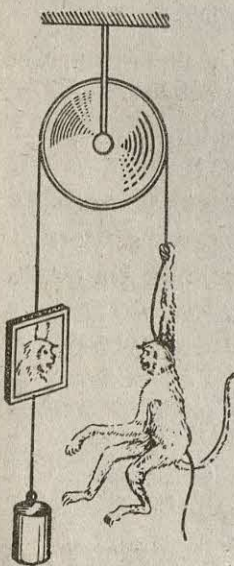
[A rope is passed through a pulley which is suspended sufficiently high. Two monkeys of equal weight climb up the rope from the two opposite ends, one of them climbing more quickly than other, relative to the rope. Which of the monkeys will reach the top first ? Assume that the pulley is weightless and the rope is both weightless and inextensible.]

53. একটি ভরহীন দড়ি একটি ঘর্ষণহীন কপিকলের উপর দিয়া গিয়াছে। একটি বাঁদর দড়িটির এক প্রান্ত ধরিয়া আছে, উহার অপর প্রান্তে ঐ বাঁদরের সমান ওজনবিশিষ্ট একটি দর্পণ যুক্ত রহিয়াছে। বাঁদর এবং দর্পণ একই লেভেলে রহিয়াছে (চিত্র 8)। (i) দড়ি বাহিয়া উঠিলে, (ii) দড়ি বাহিয়া নামিলে, (iii) দড়িটি ছাড়িয়া দিলে বাঁদরটি কি উহার প্রতিবিম্ব হইতে সরিয়া যাইতে পারিবে ?

[A massless rope passes over a frictionless pulley. A monkey holds on to one end of the rope and a mirror having the same weight as the monkey is attached to the other end of the rope at the monkey's level (Fig. 8). Can the monkey get away from his image seen in the mirror (i) by climbing up the rope, (ii) by climbing down the rope, (iii) by releasing the rope ?]

চিত্র 8

54. m ভরবিশিষ্ট এক ব্যক্তি M ভরবিশিষ্ট একটি মুক্ত বেলুন হইতে দড়ির সাহায্যে ঝুলিতেছে। বেলুনটি গতিহীন অবস্থায় রহিয়াছে। যদি ঐ ব্যক্তি দড়ির সাপেক্ষে v গতিবেগে দড়ি বাহিয়া উঠিতে থাকে তাহা হইলে বেলুনটির গতিবেগ কত হইবে এবং উহা কোন্ দিকে চলিবে ?

[A man of mass m is on a rope hanging from a free balloon of mass M. The balloon is not moving. In what direction and with

what velocity will the balloon move if the man begins to climb the rope with a uniform velocity v relative to the rope ?]

55. একটি স্থির উত্তোলকের মধ্যে রক্ষিত স্প্রিং-এর তৈয়ারী একটি ওজন-মাপক যন্ত্রের উপর এক ব্যক্তি দাঁড়াইলে যন্ত্রটি 50 kg-wt পাঠ দেয়। যখন উত্তোলকটি (i) স্থির গতিবেগে, (ii) স্থির ত্বরণে উপরের দিকে উঠিতে থাকে তখন যন্ত্রটির পাঠ কীরূপ হইবে ?

[A spring weighing-machine kept inside a stationary elevator reads 50 kg-wt when a man stands in it. What would happen to the scale reading if the elevator is moving upwards with (i) constant velocity, (ii) constant acceleration ?] (I.I.T. Adm. Test, 1972)

56. পৃথিবী যদি চন্দ্রকে F বলে আকর্ষণ করে তাহা হইলে পৃথিবীর উপর চন্দ্রের আকর্ষণ কত ?

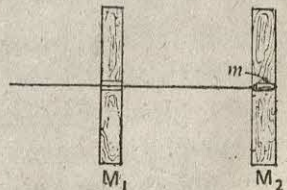
[If the earth attracts the moon with a force F, what is the attraction exerted by the moon upon the earth ?]

57. উপেক্ষণীয় ভরবিশিষ্ট একটি দড়ি M lb পর্যন্ত ভরবিশিষ্ট বস্তুকে বিধৃত করিয়া রাখিতে পারে। এই দড়ির সাহায্যে সর্বোচ্চ কোন্ ভরবিশিষ্ট বস্তুকে এইরূপভাবে উপরে তোলা যায় যাহাতে t sec সময় ধরিয়া সম-ত্বরণে চলিয়া বস্তুটি h ft উচ্চতায় উঠে ?

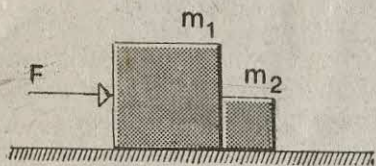
[A rope of negligible mass can support a load whose mass must not exceed M lb. What is the mass of the greatest load which can be raised so that after moving with uniform acceleration for t sec from rest its height is h ft ?]

58. $3v$ গতিবেগে ধাবমান m ভরবিশিষ্ট একটি ট্রাক একই অভিমুখে v গতিবেগে ধাবমান $2m$ ভরবিশিষ্ট অপর একটি ট্রাকের সহিত সংঘাত ঘটাইল এবং উহারা একই সঙ্গে চলিতে লাগিল। (i) ট্রাকদ্বয়ের পারস্পরিক ঘাত এবং (ii) সংঘাতের ফলে ইহাদের গতিশক্তির হ্রাস নির্ণয় কর।

[A truck of mass m moving with a velocity $3v$ collides with another truck of mass $2m$ moving with velocity v in the same direction and the two move on together. Calculate (i) the magnitude of the mutual impulse and (ii) the loss of kinetic energy in the collision.]

59. m ভরের একটি বুলেট M_1 ভরের একটি পাত ভেদ করিল এবং M_2 ভরের দ্বিতীয় একটি পাতের মধ্যে প্রবেশ করিয়া স্থির হইল (চিত্র 9)। দেখা গেল যে, যে-পাতদ্বয় প্রথমে স্থির অবস্থায় ছিল এখন উহারা সমান গতিবেগে চলিতেছে। যখন বুলেটটি M_1 এবং M_2 পাতদ্বয়ের মাঝামাঝি আছে তখন উহার প্রারম্ভিক গতিবেগের কত শতাংশ হ্রাস পাইয়াছে নির্ণয় কর। বুলেটের ক্রিয়ায় পাত দুইটির ভর-হ্রাস উপেক্ষা কর।

চিত্র 9

[A bullet of mass m pierces through a plate of mass M_1 and then comes to rest inside a second plate of mass M_2 as shown in Fig. 9. It is found that the two plates initially at rest now move with equal velocities. Find the percentage loss in the initial velocity of the bullet when it is between M_1 and M_2. Neglect any loss of material of the plates, due to the action of the bullet.]

60. একটি ঘর্ষণহীন টেবিলের উপর দুইটি ব্লক পরস্পরের সংস্পর্শে রহিয়াছে। 10নং চিত্রে যেমন দেখান হইয়াছে সেইরূপভাবে একটি ব্লকের উপর একটি অনুভূমিক বল F ক্রিয়া করিতেছে। (a) ব্লক দুইটির স্পর্শতলে ক্রিয়াশীল বলের মান কত হইবে নির্ণয় কর। (b) একই বল m_1-এর পরিবর্তে m_2-এর উপর প্রয়োগ করা হইলে ব্লকদ্বয়ের স্পর্শতলে বল কত হইবে ?

চিত্র 10

[Two blocks are in contact on a frictionless table. A horizontal force is applied to one block as shown in Fig. 10. (a) Find the force of contact between the blocks. (b) What will be the force of contact between the blocks, if the same horizontal force F is applied to m_2 rather than to m_1?]

61. X-অক্ষাভিমুখে V গতিবেগে ধাবমান m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তুর সহিত Y-অক্ষাভিমুখে v গতিবেগে ধাবমান M ভরবিশিষ্ট অপর একটি বস্তুর সংঘাত ঘটিল। এই সংঘাতের ফলে বস্তুদ্বয় পরস্পর যুক্ত হইয়া গেল।

(i) যুগ্মবস্তুটির ভরবেগের অভিমুখ ও মান এবং (ii) সংঘাতের সময় প্রাথমিক গতিশক্তির কত ভগ্নাংশ তাপে রূপান্তরিত হইল তাহা নির্ণয় কর।

[A body of mass m moving with velocity V in the X-direction collides with another body of mass M moving in the Y-direction with a velocity v. They coalesce into one body during collision. Calculate (i) the direction and magnitude of the momentum of the final body, (ii) the fraction of initial kinetic energy transformed into heat during collision in terms of the two masses.]

(I. I. T. Adm. Test, 1977)

62. দুইটি পূর্ণ স্থিতিস্থাপক চাক্তি A এবং B-এর একটির ভর অপরটির K গুণ। ইহাদের একটি মসৃণ অনুভূমিক তলের উপর বসান আছে। A চাক্তিটিকে U গতিবেগে B-চাক্তির দিকে চালনা করা হইল এবং ইহারা মুখোমুখি সংঘাতে লিপ্ত হইল। এই সংঘাতের ফলে A-চাক্তির গতিশক্তির কত ভগ্নাংশ B-চাক্তিতে স্থানান্তরিত হইল তাহা নির্ণয় করিবার জন্য সংরক্ষণ সূত্রগুলি প্রয়োগ কর। ইহাও দেখাও যে, A-চাক্তির ভর অপেক্ষা B-চাক্তিটির ভর K গুণ হোক বা B চাক্তির ভর অপেক্ষা A চাক্তিটির ভর K গুণ হোক, উক্ত ভগ্নাংশের মান একই থাকিবে।

[Two perfectly elastic flat discs A and B, one K times as massive as the other rests on smooth horizontal table. The disc A is made to move towards B with a velocity U and makes a head-on collision. Apply the conservation laws to find out an expression for the fraction of kinetic energy of A transferred to B. Also show that fraction is the same whether B is K times as massive as A or vice versa.] (Jt. Entrance, 1978)

63. একটি মসৃণ বরফের উপর অবস্থিত এক ব্যক্তি নিজের সাপেক্ষে v গতিবেগে একই অনুভূমিক রেখা বরাবর পর পর দুইটি বুট নিক্ষেপ করিয়া গতিশীল হইল। বুট-বিহীন অবস্থায় ঐ ব্যক্তির ভর M হইলে তাহার অন্তিম গতিবেগ কত হইবে ? ধরিয়া লও যে, প্রতিটি বুটের ভর m।

[A man on a sheet of smooth ice sets himself in motion by throwing successively his boots in the same horizontal direction with velocity v relative to himself. Calculate the man's final velocity if his mass without his boots is M. Assume that the mass of each boot is m.]

64. m ভরবিশিষ্ট একটি বুলেট অনুভূমিক অভিমুখে ছোঁড়া হইলে M ভরবিশিষ্ট একটি স্থির পাতের মধ্যে s গভীরতা পর্যন্ত প্রবিষ্ট হয়। দেখাও যে, পাতটি যদি অবাধে চলনক্ষম হয় তবে বুলেটটি উহাতে $Ms/(M+m)$ গভীরতা পর্যন্ত প্রবিষ্ট হইবে।

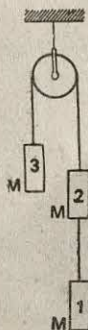
[A bullet of mass m fired horizontally penetrates a thickness s of a fixed plate of mass M. If the plate is free to move, show that the thickness penetrated by the bullet is $Ms/(M+m)$.]

65. একটি নিউট্রনের সহিত একটি স্থির কার্বন পরমাণুর পূর্ণ স্থিতিস্থাপক সংঘাত ঘটিল। দেখাও যে, এই সংঘাতের ফলে নিউট্রনটি উহার প্রাথমিক গতিশক্তির প্রায় 28·4% হারায়।

[A neutron makes a perfectly elastic head-on collision with a carbon nucleus initially at rest. Show that the neutron loses about 28·4% of its initial kinetic energy as a result of this collision.]

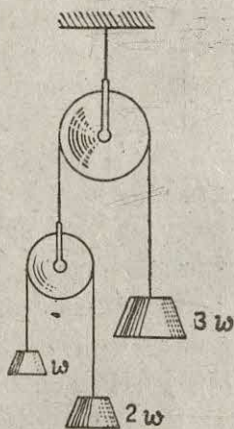
66. U গতিবেগে ধাবমান একটি হিলিয়াম পরমাণু সোজাসুজি আসিয়া এক স্থির হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত সংঘাত ঘটাইল। সংঘাতটি পূর্ণ স্থিতিস্থাপক এবং হিলিয়াম পরমাণুর ভর হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের চারগুণ—এইরূপ ধরিয়া (a) সংঘাতের ফলে হিলিয়াম পরমাণুর শক্তির শতকরা হ্রাস এবং (b) হাইড্রোজেন পরমাণুর গতিবেগ কত হইবে নির্ণয় কর।

[A helium atom moving with a velocity U impacts directly on a stationary hydrogen atom. On the assumption that the collision is perfectly elastic, and that the helium atom has exactly four times the mass of the hydrogen atom, calculate (a) the

percentage change in the energy of the helium atom and (b) the velocity of the hydrogen atom as a result of the collision.]

চিত্র 11

67. M ভরবিশিষ্ট তিনটি সমান ভার একটি সূতা হইতে ঝুলিতেছে। সূতাটি একটি স্থির কপিকলের উপর দিয়া গিয়াছে (চিত্র 11)। সংস্থাটির ত্বরণ এবং 1 ও 2 নং ভারদ্বয়ের সংযোজী সূতার টান নির্ণয় কর।

[Three equal weights of mass M each are hanging on a string passing over a fixed pulley are shown in Fig. 11. Find the acceleration of the system and the tension of the string connecting the weights 1 and 2 ?]

68. একটি ওজনহীন মসৃণ কপিকলের উপর দিয়া গিয়াছে এইরূপ একটি সূতার দুইপ্রান্তে দুইটি ওজন w এবং $2w$ যুক্ত রহিয়াছে (চিত্র 12)। এই কপিকলটি আবার অপর একটি সূতার সাহায্যে একটি তৃতীয় ওজন $3w$-এর সহিত যুক্ত। এই সূতাটি আবার একটি স্থির মসৃণ কপিকলের উপর দিয়া গিয়াছে। প্রমাণ কর যে, $3w$ ওজনটি $g/17$ ত্বরণ লইয়া নিচে নামিতে থাকে। (g=অভিকর্ষজ ত্বরণ)

চিত্র 12

[If two weights w and $2w$ are connected by a string passing over a smooth weightless pulley which is attached to a third weight $3w$ by a string passing over a smooth fixed pulley, prove that weight $3w$ descends with an acceleration $g/17$ (g=acceleration due to gravity).]

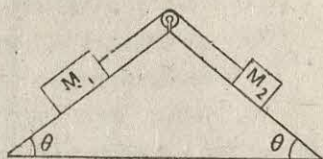
69. একটি ওজনহীন কপিকলকে একটি স্প্রিং-তুলা হইতে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। একটি সূতার দুইপ্রান্তে দুইটি ওজন w এবং $4w$ যুক্ত রহিয়াছে। ঐ সূতাটি কপিকলের উপর দিয়া গিয়াছে। ওজন দুইটি অভিকর্ষের প্রভাবে চলমান। ইহারা যখন গতিশীল তখন স্প্রিং-তুলার পাঠ কত হইবে ?

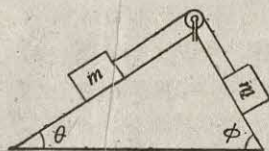
[A weightless pulley is suspended by a spring balance. Two weights w and $4w$ are attached to two ends of a string which passes over the pulley and the weights move due to gravity. What will be the reading of the spring balance during the motion of the weights ?]

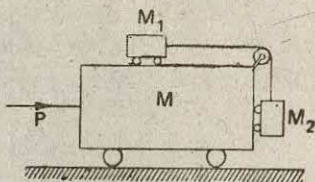
70. ঘর্ষণ না থাকিলে, স্থির অবস্থা হইতে যাত্রা করিয়া M_1 এবং M_2 ভরবিশিষ্ট বস্তু দুইটি (চিত্র 13) যখন D দূরত্ব অতিক্রম করিবে তখন উহাদের গতিবেগ কত হইবে ? $(M_1 > M_2)$

[In absence of friction, how fast will the bodies of masses M_1 and M_2 be moving when they travel a distance D, starting from rest (Fig. 13) ? $(M_1 > M_2)$]

চিত্র 13

71. 13 নং চিত্রে বস্তুদ্বয়ের ভর সমান এবং ইহাদের উপর কোন ঘর্ষণ-বল নাই। যদি এই সংস্থাকে স্থির অবস্থা হইতে ছাড়িয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে d দূরত্ব অতিক্রম করিয়া বস্তুদ্বয় কী গতিবেগ লাভ করিবে ? $(\phi > \theta)$

[In Fig. 14, the masses of the two bodies are equal and there is no friction. If the system is released from rest how fast are the bodies moving when they have gone a distance d ? $(\phi > \theta)$]

চিত্র 14

72. M ভরের উপর কী পরিমাণ অনুভূমিক বল P একটানা প্রয়োগ করিতে হইবে যাহাতে M_1 এবং M_2 ভরদ্বয় M ভরের সাপেক্ষে গতিশীল না হয় (চিত্র 15) ?

[What horizontal force P must be constantly applied to M so that M_1 and M_2 do not move relative to the mass M ?]

চিত্র 15

* * *

ঘর্ষণ

73. একটি ব্লককে একটি অনুভূমিক টেবিলের উপর বসাইয়া একটি তারের সাহায্যে সামান্য বলে টানা হইল। কিন্তু ব্লকটি নড়িল না। ইহা কীরূপে ব্যাখ্যা করিবে ?

['A block is placed on a horizontal table and is pulled weakly by a string but it does not move.' How will you explain it ?]

74. কোন বস্তুকে একটি নততলের উপর স্থাপন করা হইল। অনুভূমিক তলের সহিত এই নততলের নতি ধীরে ধীরে পরিবর্তন করিতে থাকিলে একসময় বস্তুটি নিচের দিকে নামিয়া যাইতে থাকে। ব্যাখ্যা কর।

[A body is placed on an inclined plane. On gradually increasing the inclination, a limiting point is reached when the body just begins to slide downwards. Explain.]

75. কোন নততলের উপর একটি বস্তু বসান আছে। অনুভূমিক তলের সহিত এই নততলটি θ-কোণে আনত। ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক μ হইলে দেখাও যে, $\theta > \tan^{-1}\mu$ হইলে বস্তুটি আর ঐ নততলের উপর সাম্যাবস্থায় থাকিতে পারিবে না।

[A body is placed on an inclined plane that makes an angle θ with the horizontal plane. Show that the body can no longer remain in equilibrium on the inclined plane if $\theta > \tan^{-1}\mu$.]

76. রোলার ঠেলা অপেক্ষা রোলার টানা সহজতর। ব্যাখ্যা কর।

[It is easier to pull a roller than to push it. Explain.]

77. মাটির উপর দিয়া কোন কঠিন বস্তুকে টানা অপেক্ষা চাকার উপর বসাইয়া টানা কম কষ্টসাধ্য। ব্যাখ্যা কর।

[It is less difficult to pull a solid body by placing it on wheels than to pull it through the ground. Explain.]

78. একটি বালক একটি স্প্রিং স্কেলের সাহায্যে W ওজনের একটি ব্লককে উপরে তুলিতেছে এবং অপর একটি বালক উহাকে W/2 বলে দেওয়ালের উপর চাপিয়া রহিয়াছে। (i) ব্লকটিকে সমদ্রুতিতে উপরের দিকে তুলিতে কী পরিমাণ উর্ধ্বমুখী বল প্রয়োগ করিতে হইবে ? (ii) ব্লকটিকে সমদ্রুতিতে নিচে নামাইতে হইলেই বা কি পরিমাণ উর্ধ্বমুখী বল প্রয়োগ করিতে হইবে ? (ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক=0·2)

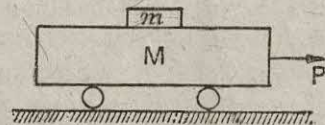
[A boy lifts a block weighing W by means of a spring scale while another boy pushes the block against the wall with a force W/2. (i) What upward pull is required to raise the block at constant speed ? (ii) What upward force must be applied to lower it at constant speed ? (Coefficient of friction=0·2)]

79. মসৃণ রাস্তার উপর দিয়া দ্রুত হাঁটা যায় না কেন ?

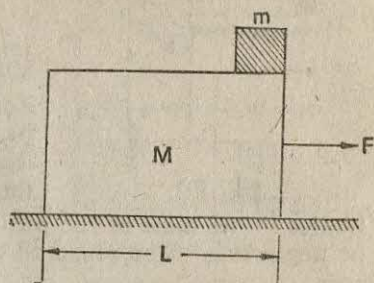
[Why is it not possible to walk fast on a smooth road ?]

80. 'পিচ্ছিলকারী তরল ব্যবহার না করিয়া লেদ মেসিন চালান সম্ভব নয়।' উক্তিটি ব্যাখ্যা কর।

['The operation of a leath machine is impossible unless lubricants are used.' Explain the statement.]

81. m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তুকে M ভরবিশিষ্ট অপর একটি বস্তুর উপর স্থাপন করা হইল (চিত্র 16)। দ্বিতীয় বস্তুটি ভূমির উপর স্থির রহিয়াছে। বস্তু দুইটির মধ্যে স্থিত ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক μ। দ্বিতীয় বস্তু এবং ভূমির মধ্যে কোন ঘর্ষণ নাই। দ্বিতীয় বস্তুটির উপর ন্যূনতম কী বল (P) প্রয়োগ করিলে প্রথম বস্তুটি ইহার উপর দিয়া পিছলাইয়া যাইতে আরম্ভ করিবে ?

চিত্র 16

[A body of mass m is placed on another body of mass M (Fig. 16). The second body lies on the ground. The coefficient of static friction between the bodies is μ. There is no friction between the second body and the ground. Find the minimum force P applied to the second body at which the load will slide along it.]

82. M ভরবিশিষ্ট একটি ব্লক একটি মসৃণ অনুভূমিক তলের উপর স্থির অবস্থায় আছে। এই তলের উপর দিয়া ব্লকটি বাধাহীনভাবে যাইতে পারে। m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তুকে 17 নং চিত্রের অনুরূপভাবে ব্লকটির উপর রাখা হইল। বস্তু এবং ব্লকের মধ্যে ঘর্ষণ গুণাঙ্ক μ। অনুভূমিক অভিমুখে ব্লকটির উপর প্রযুক্ত বল F-এর মান কত হইলে বস্তুটি ব্লকটির উপর দিয়া চলমান হইবে ? যদি ব্লকটির দৈর্ঘ্য l হয় তাহা হইলে কত সময়ে বস্তুটি ব্লক হইতে পড়িয়া যাইবে ?

চিত্র 17

[A block of mass M rests on a smooth horizontal surface over which it can move without friction. A body of mass m lies on the block as shown in Fig. 17. The coefficient of friction between the body and the block is μ. At what force F applied to the block in the horizontal direction will the body just begin to slide over the block ? In what time will the body fall from the block if the length of the latter is L ?]

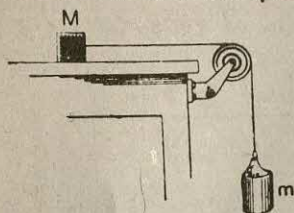
83. একটি নততলের নিম্নের অর্ধাংশ অমসৃণ, কিন্তু উপরের অর্ধাংশ ঘর্ষণহীন। একটি বস্তুকে বিসর্প গতিতে নততল বাহিয়া পড়িতে দেওয়া হইল। ঘর্ষণের ফলে বস্তুটি নততলের ঠিক তলায় পৌঁছিয়া স্থির হইল। ঘর্ষণ-গুণাঙ্কের সাহায্যে প্রকাশ করিলে সীমান্ত ঘর্ষণ-বল ও বস্তুর ওজনের অনুপাত নির্ণয় কর।

[The lower half of an inclined plane is rough but the upper half is frictionless. A body is allowed to slide down along the plane. The body is brought to rest by frictional force just as it reaches the bottom. Find the ratio of the limiting force of friction to the weight of the body in terms of the coefficient of friction.]

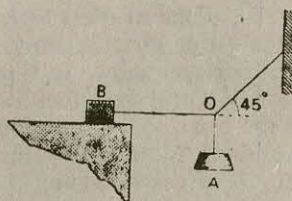
84. l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট এবং m ভরবিশিষ্ট একটি সুষম শৃঙ্খল আংশিকভাবে একটি টেবিল হইতে ঝুলিতেছে এবং ঘর্ষণ-বলের সাহায্যে সাম্যে আছে। শৃঙ্খলটির যে-দৈর্ঘ্য টেবিল হইতে ঝুলিয়া থাকিলে সমগ্র শৃঙ্খলটি টেবিলের উপর দিয়া পিছলাইয়া পড়িবে না উহার মান l_1 হইলে স্থিত ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

[A homogeneous chain of length l and mass m hangs partly from a table and is held in equilibrium by the force of friction. Find the coefficient of static friction if the greatest length of the chain that can be hanging from the table, without the whole chain slipping is l_1.]

85. M এবং m ভরবিশিষ্ট দুইটি বস্তুকে একটি তারের সঙ্গে যুক্ত করা হইয়াছে (চিত্র 18)। যদি M ভরবিশিষ্ট বস্তুটির সহিত টেবিলের তলের ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক μ হয় তাহা হইলে ঐ বস্তুটির ত্বরণ কত ? দুইটি বস্তুর সংযোজী সূতার টান

কত ? কপিকল এবং সূতার ওজন উপেক্ষণীয়। ধরিয়া লও যে, টেবিলের তলটি অনুভূমিক।

চিত্র 18

[Two bodies of mass M and m are joined by a string as shown in Fig. 18. What will be the acceleration of the body M if the coefficient of friction between the body and the surface of the table is μ ? What will be the tension on the string joining the bodies ? The mass of the pulley and the weight of the string may be neglected. The plane of table is horizontal.]

86. 19 নং চিত্রের B ব্লকটির ওজন W_1 ; টেবিল এবং ব্লকের মধ্যে স্থিত ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক μ। A ব্লকের ওজন সর্বোচ্চ কত হইলে সংস্থাটি সাম্যাবস্থায় থাকিবে নির্ণয় কর।

চিত্র 19

[Block B in Fig. 19 weighs W_1. The coefficient of static friction between block and table is μ. Find the maximum weight of the block A for which the system will be in equilibrium.]

87. জনৈক ছাত্র একটি বাক্স এবং একটি তক্তার মধ্যবর্তী স্থিত এবং চল ঘর্ষণ গুণাঙ্ক নির্ণয় করিতে ইচ্ছুক। সে বাক্সটিকে ঐ তক্তার উপর স্থাপন করিয়া তক্তাটিকে ধীরে ধীরে তুলিতে লাগিল। যখন অনুভূমিক তলের সহিত তক্তাটির আনতি 30° তখন বাক্সটি পিছলাইয়া পড়িতে লাগিল এবং 4 sec সময়ে তক্তার উপর দিয়া 4 m দূরত্ব নামিয়া আসিল। দেখাও যে, ছাত্রটি এই পর্যবেক্ষণ হইতে দুইটি গুণাঙ্কই নির্ণয় করিতে পারে।

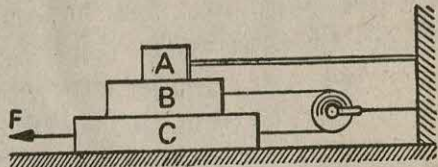
[A student wants to determine the coefficients of static friction and kinetic friction between a box and a plank. He places the box on the plank and gradually raises the plank. When the angle of inclination with the horizontal is 30°, the box starts to slip and slides 4 m down the plank in 4 sec. Show how he can determine the coefficients from these observations.]

88. লম্ব-প্রতিক্রিয়া বৃদ্ধি পাইলে ঘর্ষণ-বল বৃদ্ধি পায় কেন ?

[Why does frictional force increase with the increase of normal reaction ?]

89. মোটরগাড়ির হেডলাইটের পাল্লার দ্বারা রাত্রিতে গাড়ি চালাইবার দ্রুতির বিপদসীমা নির্ধারিত হয় কীরূপে তাহা ব্যাখ্যা কর।

[Explain how the range of your car's headlights limits the safe driving speed at night.] (Marine Eng. Adm. Test, 1977)

90. 20 নং চিত্রের A, B এবং C ব্লকের ওজন যথাক্রমে 2 kg, 4 kg এবং 8 kg ; যে-কোন দুইটি তলের চল-ঘর্ষণ গুণাঙ্ক 0·25 । দেওয়ালে আবদ্ধ একটি ভরহীন দৃঢ় দণ্ড A ব্লকটিকে স্থির রাখিয়াছে । আর, B এবং C ব্লকদ্বয় একটি হাল্কা নমনীয় সূতার দ্বারা বাঁধা । এই সূতাটি একটি স্থির ঘর্ষণহীন কপিকলের উপর দিয়া গিয়াছে । C ব্লকটিকে স্থির গতিবেগে টানিতে যে-বল প্রয়োজন তাহার মান নির্ণয় কর । ধরিয়া লও যে, বরাবরই B ব্লকটি C-এর উপর এবং A ব্লকটি B-এর উপর রহিয়াছে ।

চিত্র 20

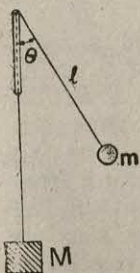
[In the diagram shown, the blocks A, B, and C weigh 2 kg, 4kg and 8 kg respectively. The coefficient of sliding friction between any two surfaces is 0·25, A is held at rest by a massless rigid rod fixed to the wall while B and C are connected by a light flexible cord passing around a fixed frictionless pulley. Find the force F necessary to drag C along the horizontal to the left at constant speed. Assume that the arrangement shown in the diagram, B on C and A on B, is maintained all through.] (I. I. T. Adm. Test, '78)

* * *

বৃত্তীয় গতি

91. একটি সূতায় বাধা m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তু v সমদ্রুতি লইয়া r ব্যাসার্ধের একটি উল্লম্ব বৃত্তপথে ঘুরিতেছে । সূতার সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন টান নির্ণয় কর ।

[A body of mass m attached to a string is whirled round in a vertical circle of radius r with a constant speed v. Calculate the maximum and minimum tensions in the string]

92. একটি বড় ভর M এবং ছোট ভর m একটি তারের দুইপ্রান্তে যুক্ত । তারটি 21 নং চিত্রের অনুরূপভাবে একটি মসৃণ নলের মধ্য দিয়া গিয়াছে । m ভরটি একটি অনুভূমিক বৃত্তপথে ঘুরে । m ভর হইতে নলের উপর পর্যন্ত তারের দৈর্ঘ্য l এবং এই তারের দৈর্ঘ্য উল্লম্ব রেখার সহিত θ কোণ করিয়া আছে । m ভরটির এই ঘূর্ণনের কম্পাঙ্ক কত হইলে M ভরটি সাম্যাবস্থায় থাকে ?

চিত্র 21

[A large mass M and a small mass m hang at the two ends of a string that passes over a smooth tube as shown in Fig. 21. The mass m moves around a circular path which lies in a horizontal plane. The length of the string from the mass m to the top of the tube is l and θ is the angle this length makes with the vertical.

What should be the frequency of rotation of the mass *m* so that the mass M remains stationary ?] (I. I. T. Adm. Test, 1978)

93. *m* ভরবিশিষ্ট একটি ক্ষুদ্র গোলক একটি রবারের দড়ির সাহায্যে বাঁধা অবস্থায় অনুভূমিক তলে ω কৌণিক বেগে ঘুরিতেছে। গোলকটির বৃত্তাকার গতিপথের ব্যাসার্ধ এবং দড়ির টান নির্ণয় কর। রবারের দড়ির প্রারম্ভিক দৈর্ঘ্য (অর্থাৎ, টান-খাইবার পূর্ববর্তী দৈর্ঘ্য) l_0। দড়ির টান উহার দৈর্ঘ্য-বৃদ্ধির সমানুপাতিক ; 1 cm দৈর্ঘ্য-বৃদ্ধি ঘটিলে দড়ির টান হয় f_0।

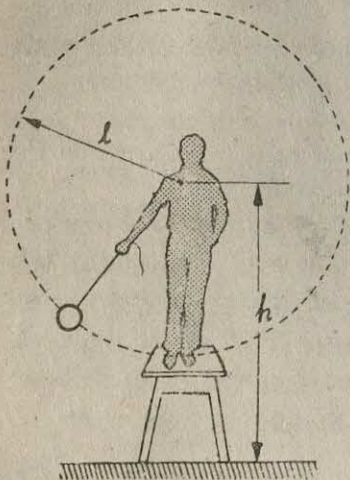
[A small sphere of mass *m* attached to a rubber cord rotates in a horizontal plane with an angular velocity ω. Find the radius of the circular motion of the ball and the tension in the cord. The initial length of the unstretched cord is l_0. The tension in the rubber cord increases proportionally to its elongation ; an extension of 1 cm produces a force f_0.]

94. বাঁকের ধারে রাস্তা ও রেললাইনের ব্যাঙ্কিং করা হয় কেন ?

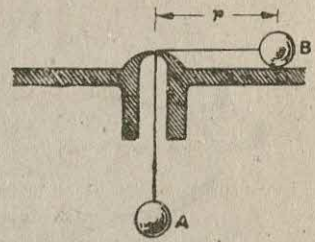
[Why are roads and railway tracks banked on curves ?]

95. সমবেগে বৃত্তপথে ভ্রাম্যমাণ কোন বস্তু উহার গতির অভিমুখ পরিবর্তন করিলে উহার অভিকেন্দ্র ত্বরণের অভিমুখের কীরূপ পরিবর্তন হয় ?

[How does the direction of the centripetal force change when the revolving body reverses its direction of motion ?]

96. একটি বালক একটি সূতার প্রান্তে অবস্থিত *m* ভরবিশিষ্ট একটি পাথরকে উল্লম্বতলে সমদ্রুতিতে ঘুরাইতেছে (চিত্র 22)। সূতাটি T টান পর্যন্ত সহ্য করিতে পারে। ঘূর্ণাক্ষটি ভূমি হইতে *h* উচ্চতায় অবস্থিত। পাথরটি যে-বৃত্তপথে ঘোরে উহার ব্যাসার্ধ *l*। সূতাটি ছিঁড়িয়া ফেলিতে হইলে কোন্ কৌণিক বেগে পাথরটিকে ঘুরাইতে হইবে ? পাথরটি বালকের অবস্থান হইতে কতটা দূরে গিয়া ভূমিতে পড়িবে ?

চিত্র 22

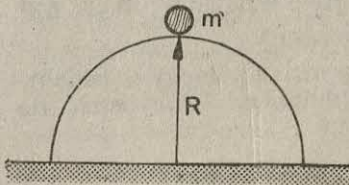
[A boy whirls around a stone of mass *m* at the end of a string at a uniform speed in a vertical plane (Fig. 22). The string can withstand a tension of T. The axis of rotation is at a distance *h* from the ground ; the radius of the circle described by the stone is *l*. What is the angular velocity at which the body must whirl the stone for the string to break ? At what distance *s* from the boy will the stone fall on the ground ?]

97. দুইটি সদৃশ গোলক A এবং B একটি সূতার দুই প্রান্তে যুক্ত। সূতাটি একটি নলের মধ্য দিয়া গিয়াছে (চিত্র 23)। B গোলকটি একটি অনুভূমিক তলের উপর ঘুরিতেছে। নলের অক্ষ হইতে B গোলকটির দূরত্ব r। B গোলকটির কৌণিক গতিবেগ কত হইলে A গোলকটি উঠিবেও না, নামিবেও না? এই সাম্য কি সুস্থির হইবে? ঘর্ষণ উপেক্ষা কর।

চিত্র 23

[Two similar spheres A and B are attached to the ends of a string which passes through a tube, as shown in Fig 23. The sphere B rotaes in a horizontal plane. The distance from the axis of the tube to the sphere B is r. What should be the angular velocity of the sphere B in order that the sphere A should neither rise nor fall? Will the equilibrium be stable? Neglect friction.]

98. এক ব্যক্তি একটি গাড়ির মধ্যে দণ্ডায়মান রহিয়াছে। গাড়িটি বাঁক লইলে ঐ ব্যক্তির কোন্ দিকে যাইবার প্রবণতা দেখা যাইবে?

[A man is standing in a car. Toward which side will he tend to move when the car rounds a curve ?]

99. m ভরবিশিষ্ট একটি ক্ষুদ্র বস্তু ঘর্ষণহীনভাবে R ব্যাসার্ধ-বিশিষ্ট একটি অর্ধগোলকের শীর্ষবিন্দু হইতে উহার তল বহিয়া চলিতেছে (চিত্র 24)। কোন্ উচ্চতায় বস্তুটির সহিত তলের সংস্পর্শ ছিন্ন হইবে?

চিত্র 24

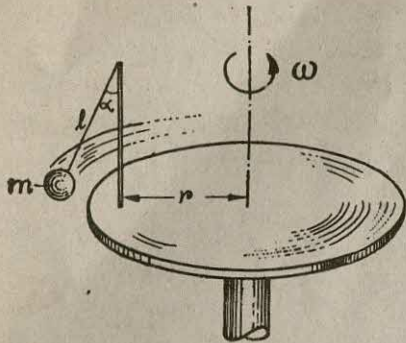
[A small body of mass m slides with friction from the top of a hemisphere of radius R (Fig 24). At what height will the body lose contact with the surface of the sphere ?]

100. 'সেন্ট্রিফিউজ'-জাতীয় কাপড় শুষ্ক করিবার যন্ত্রে ভিজা কাপড়গুলিকে একটি সচ্ছিদ্র চোঙের মধ্যে রাখা হয়। ইহার পর কাপড়সহ চোঙটিকে অতি দ্রুত ঘুরান হয়। এই বিশুষ্কক যন্ত্রটির কার্যনীতি ব্যাখ্যা কর।

[In the so-called 'centrifugal' type of cloth drier, the wet clothes are put into a cylinder that has holes drilled in its walls. This cylinder, with the clothes in it, is then spun rapidly. Explain the action of this drier.]

101. একটি ঘূর্ণ্যমান টেবিলে একটি উল্লম্ব দণ্ড লাগান রহিয়াছে। দণ্ডটির উপরের প্রান্ত হইতে সূতার সাহায্যে m ভরবিশিষ্ট একটি গোলক ঝুলান আছে (চিত্র 25)। যদি সূতাটি উল্লম্ব রেখার সহিত α কোণে আনত থাকে তাহা হইলে ঘূর্ণ্যমান টেবিলের কৌণিক বেগ কত? সূতার দৈর্ঘ্য l এবং ঘূর্ণাক্ষ হইতে দণ্ডটির দূরত্ব r।

[A vertical rod is mounted on a horizontal rotating table. A

sphere of mass m hangs from a string attached to the upper end of the rod (Fig. 25). What is the angular velocity ω of the rotating table if the string makes an angle α with the vertical ? The length of the string is l and the distance between the rod and the axis of rotation is r.]

চিত্র 25

102. m ভরবিশিষ্ট একটি ট্রাক v গতিবেগে চলিতে থাকিলে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে সেতুর উপর যে-বল P প্রয়োগ করিবে তাহা নির্ণয় কর : (i) সেতুটি অনুভূমিক, (ii) সেতুটি উত্তল এবং (iii) সেতুটি অবতল। (ii) এবং (iii) নং ক্ষেত্রে সেতুর সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন বিন্দুতে P-এর মান নির্ণয় কর।

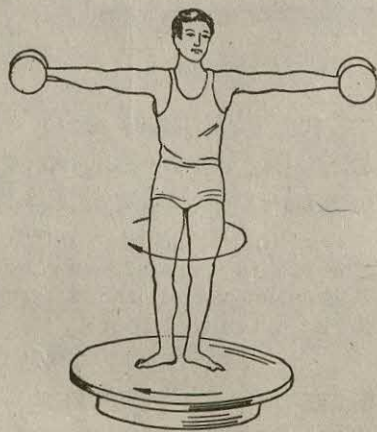
[Find the force P with which a truck of mass m, moving with velocity v, presses a bridge in each of the following cases : (i) a horizontal bridge ; (ii) a convex bridge ; (iii) a concave bridge. In cases (ii) and (iii), find P for the highest and lowest point of the bridge.]

103. v গতিবেগে ধাবমান একটি মোটরগাড়ির চালক অকস্মাৎ তাহার সম্মুখে x দূরত্বে একটি প্রশস্ত দেওয়াল দেখিতে পাইল। দুর্ঘটনা এড়াইবার জন্য তাহার পক্ষে কী করা শ্রেয় ; ব্রেক কষা, নাকি গাড়িটিকে দ্রুত বাঁকানো ?

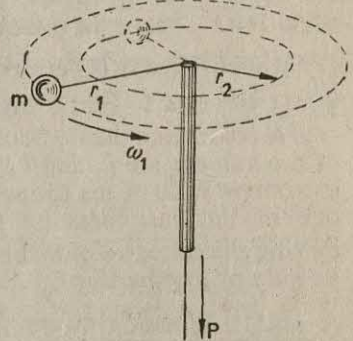
[The driver of a motor-car travelling with a velocity v suddenly sees a broad wall in front of him at distance x. Is it better for him to apply brake or to turn sharply ?]

104. রৈখিক গতিতে ভর যে-ভূমিকা পালন করে বৃত্তীয় গতির ক্ষেত্রে জাড্য-ভ্রামক সেই ভূমিকা পালন করে। ব্যাখ্যা কর।

[Moment of inertia plays the same role in rotational motion as mass in linear motion. Explain.]

105. একটি ঘূর্ণ্যমান টেবিলে অবস্থিত এক ব্যক্তি ω_0 কৌণিক বেগে ঘুরিতেছে (চিত্র 26)। লোকটি তাহার বাহু প্রসারিত করিয়া দুই হাতে দুইটি সমান ভর ধরিয়া রাখিয়াছে। বাহু না সরাইয়া সে তাহার হাতের ভর দুইটিকে ফেলিয়া দিল। ইহাতে তাহার কৌণিক বেগের কী পরিবর্তন হইবে ? ব্যাখ্যা কর।

চিত্র 26

[A man turns on a rotating table with an angular velocity ω_0. He is holding two equal masses at arms length (Fig. 26). Without moving his arm, he drops the two masses. What change, if any, is there in his angular speed ? Explain.]

106. একটি ফাঁপা নলের মধ্য দিয়া গলান একটি হাল্কা তারের সহিত একটি ক্ষুদ্র বস্তু যুক্ত করা হইল। এক হাতে নলটিকে উল্লম্বভাবে ধরা হইল এবং অন্য হাতে সূতাটি ধরা হইল। বস্তুটিকে r_1 ব্যাসার্ধের একটি বৃত্তপথে ঘুরাইয়া দেওয়া হইল। ইহার পর তারটিকে নীচের দিকে টানিয়া বৃত্তপথের ব্যাসার্ধ r_2 করা হইল (চিত্র 27)। রৈখিক বেগ এবং কৌণিক বেগের প্রারম্ভিক মান v_1 এবং ω_1-এর সাহায্যে এবং বৃত্তপথের দুই ব্যাসার্ধের সাহায্যে বস্তুটির নূতন রৈখিক বেগ v_2 এবং নূতন কৌণিক বেগ ω_2 নির্ণয় কর।

চিত্র 27

[A small object is attached to a light string passing through a hollow tube. The tube is held vertically by one hand and the string by the other. The object is set into rotation in a circular path of radius r_1 with a linear speed v_1. The string is then pulled down, shortening the radius of the circular path to r_2 (Fig. 27). Find the new linear speed v_2 and new angular speed ω_2 in terms of the initial linear speed v_1 and initial angular speed ω_1 and the two radii of the circular path.]

107. যদি আকস্মিকভাবে সঙ্কুচিত হইয়া পৃথিবীর ব্যাসার্ধ অর্ধেক হইয়া যায় তাহা হইলে দিনের দৈর্ঘ্য কতটা কমিবে ?

[If the earth suddenly contracts to half its radius, by how much will the day be shortened ?]

* * *

বলের ভ্রামক, ভারকেন্দ্র ও বস্তুর সাম্য

108. 'কব্জার কাছাকাছি ঠেলিয়া কোন দরজা খোলা বা বন্ধ করা অপেক্ষা দরজার বাহিরের ধারটির কাছাকাছি ঠেলিয়া খোলা বা বন্ধ করা সহজতর।' ব্যাখ্যা কর।

['It is easier to open or close a door by pushing it nearer its outermost edge than by pushing nearer to the hinges. Explain.]

(সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

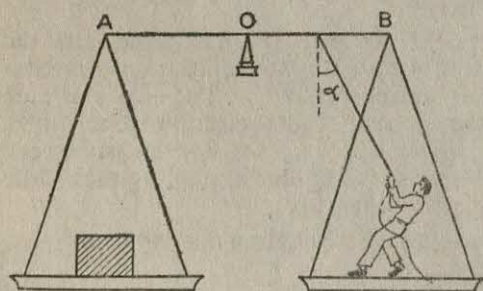
109. একটি সাধারণ তুলাযন্ত্রের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য সমান কিনা তাহা কীরূপে

নির্ধারণ করিবে ? তুলাযন্ত্রের দুই বাহু অসমান হইলে উহার সাহায্যে কীরূপে বস্তুর সঠিক ভর মাপিবে ?

[How will you ascertain whether the two arms of a common balance are equal ? How will you measure the true weight of a body if the arms of the balance are unequal ?]

110. জনৈক ব্যবসায়ী একটি ত্রুটিপূর্ণ তুলাযন্ত্র ব্যবহার করে। তুলাযন্ত্রটির দুই বাহুর দৈর্ঘ্য l_1 এবং l_2। উক্ত ব্যবসায়ী দুইজন ক্রেতাকে W পাউণ্ড চা ওজন করিয়া দিল। কিন্তু প্রথম ক্রেতাকে দেওয়ার সময় সে একটি তুলাপাত্রে বাটখারা রাখিয়া ওজন করে এবং দ্বিতীয় ক্রেতাকে দেওয়ার সময় অপর তুলাপাত্রে বাটখারা রাখিয়া ওজন করে। ইহাতে তাহার কত লাভ বা ক্ষতি হইল ?

[A tradesman uses a false balance. The lengths of the two arms of the balance are l_1 and l_2 respectively. He weighs out to two customers W lb of tea as indicated by his balance. But in serving one of the customers he puts the weights in one pan while in serving the other he puts them on the other pan. How much does he gain or lose by this ?] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

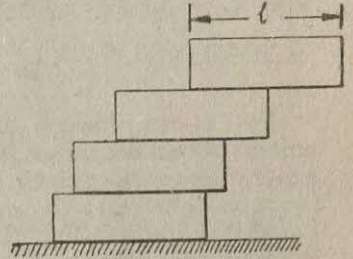
111. W ওজনবিশিষ্ট এক ব্যক্তি একটি বৃহদাকার তুলাযন্ত্রের ডানপার্শ্বের তুলাপাত্রের উপর দাঁড়াইয়া অপর পার্শ্বের ভারকে প্রতিমিত করিয়াছে। তুলাদণ্ডের ডানপার্শ্বের বাহুর মধ্যবিন্দুতে একটি দড়ি বাঁধা আছে (চিত্র 28)। ব্যক্তিটি যেখানে আছে, সেখান হইতে সে দড়িটিকে উল্লম্ব রেখার সহিত আনতভাবে F বলে (W-এর কম) টানিতে আরম্ভ করিলে তুলাযন্ত্রের সাম্য ব্যাহত হইবে কি ? তুলাদণ্ড AB-এর দৈর্ঘ্য l এবং ইহার দুই বাহুর দৈর্ঘ্য সমান। দড়ির ওজন উপেক্ষা কর।

চিত্র 28

[A man of weight W stands on right-hand side of a large balance and just counterpoises a load on the other side. A rope is fastened to the midpoint of the arm on the right-hand side of the balance (Fig. 28). Will the balance be disturbed if the man, remaining where he is, begins to pull the rope with a force F (which is less than W) at an angle to the vertical ? The length of the beam AB is l and the arms of the balance are of equal length. Neglect the weight of the rope.]

112. একটি ত্রুটিপূর্ণ তুলাযন্ত্রের বাহুদ্বয় সমান এবং ইহাদের দৈর্ঘ্য d ; কিন্তু ইহার তুলাপাত্রদ্বয়ের ওজন অসমান। ডান তুলাপাত্রে রাখিয়া কোন বস্তুর ওজন

করিলে আপাত ভর পাওয়া যায় m_1 এবং বাম তুলাপাত্রে রাখিয়া ওজন করিলে আপাত ভর পাওয়া যায় m_2। দেখাও যে, বস্তুটির প্রকৃত ভর, $m=(m_1+m_2)/2$।

[The arms of a false balance are equal and of length d, but the pans are of unequal weights. If a body is weighed by placing it on the right pan its apparent mass is m_1 and if it is weighed by placing it on the left pan, its apparent weight is m_2. Show that the true mass of the body is $m=(m_1+m_2)/2$?]

113. একটি অট্টালিকার কার্নিশ তৈয়ারী করিবার সময় রাজমিস্ত্রী চারিটি ইটকে একটির পর একটি এমনভাবে স্থাপন করিল যাহাতে প্রতিটির একাংশ উহার নীচেরটি হইতে কিছুটা বাহিরের দিকে প্রসারিত হইয়া থাকে (চিত্র 29)। ইটগুলির প্রতিটি সর্বোচ্চ কত দূরত্ব পর্যন্ত বাহিরের দিকে আগাইয়া রাখিলে সুরকি ছাড়াও উহারা সাম্যাবস্থায় থাকিতে পারিবে তাহা নির্ণয় কর।

চিত্র 29

[To lay the carnice of a building the mason sets four bricks on the top of one another in such a way that part of each brick extends beyond the brick beneath (Fig. 29). Find the largest distances that the bricks may extend and still be in equilibrium without mortar. The length of each brick is l.]

114. কোন স্প্রিং-তুলার সাহায্যে উহার সর্বোচ্চ পাঠ অপেক্ষা বেশি ওজন-বিশিষ্ট বস্তুর ওজন কীরূপে মাপা যায়? ব্যাখ্যা কর।

[How can a spring balance be used to weigh object well beyond the maximum reading of the balance? Explain.]

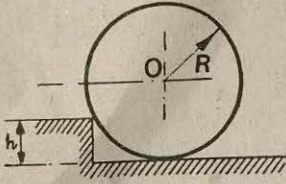
(Marine Eng. Adm. Test, 1977)

115. ডান পা এবং ডান স্কন্ধ একটি দেওয়ালের সংস্পর্শে রাখিয়া কোন ব্যক্তি ভূমি হইতে উহার বাম পা তুলিলে (চিত্র 30) ঐ ব্যক্তির সাম্য অব্যাহত থাকিতে পারে কি ?

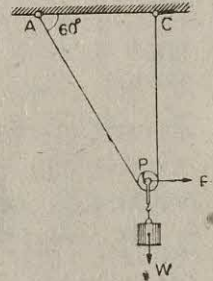
[Can a man, standing against a wall so that his right leg and right shoulder are in contact with the wall (Fig. 30) raise his left leg and in so doing not lose equilibrium ?]

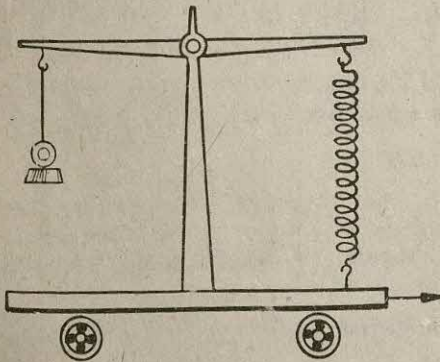
চিত্র 30

116. R ব্যাসার্ধবিশিষ্ট এবং m ভরবিশিষ্ট একটি চাকা h উচ্চতাবিশিষ্ট একটি খাড়া ধাপের সম্মুখে স্থির অবস্থায় আছে (চিত্র 31)। চাকাটির ঘূর্ণাক্ষ O-তে ন্যূনতম কী পরিমাণ অনুভূমিক বল P প্রয়োগ করিলে চাকাটি ধাপটির উপরে উঠিতে সক্ষম হইবে ? ঘর্ষণ-বল উপেক্ষা কর।

[A wheel of mass m and radius R stands in front of a step of heigh, h (Fig. 31). What is the least horizontal force P that must be applied to the axle of the wheel (O) to allow it to rise on to the step? Neglect the force of friction.]

চিত্র 31

117. ক্ষুদ্র কপিকল (P)-এর উপর কী পরিমাণ অনুভূমিক বল F প্রয়োগ করিলে দড়ির PC অংশটি উল্লম্ব থাকিবে এবং AP অংশটি অনুভূমিক রেখা AC-এর সহিত 60° কোণে আনত থাকিবে (চিত্র 32) ? P কপিকল হইতে W ওজনবিশিষ্ট একটি বস্তু ঝুলাইয়া দেওয়া হইয়াছে।

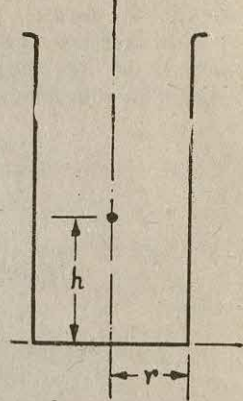
[With what horizontal force must a small pulley (P) be drawn aside so that the section PC of the rope is vertical and the section AP of the rope is to form an angle of 60° with the horizontal line AC (Fig. 32)? A body of weight W is hung from the pulley P.]

চিত্র 32

118. একটি স্থির ট্রলির উপর একটি তুলাযন্ত্র বসান হইল। ইহার একপ্রান্তে একটি ভার ঝুলান আছে এবং অপর প্রান্তটি একটি স্প্রিং-এর সাহায্যে ট্রলির মেঝের সহিত যুক্ত (চিত্র 33)। ট্রলিটি যদি একটি স্থির বলের প্রভাবে অনুভূমিক রেখা বরাবর ত্বরণ লইয়া চলিতে থাকে তাহা হইলে ভারটি ত্বরণের অভিমুখের বিপরীত দিকে একটি কোণে আনত হয়। ইহার ফলে স্প্রিং-এর টান পরিবর্তিত হইবে কি ?

চিত্র 33

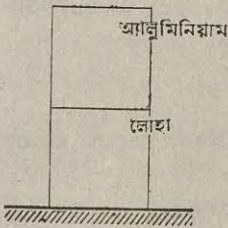
[A balance is mounted on a stationary trolley, with a weight suspended from one end, while the other end is linked to the floor of the trolley by spring (Fig. 33). If the trolley be accelerated in horizontal direction by a constant force the weight will be inclined at an angle in the direction opposite to the line of acceleration. Will this alter the tension of the spring ?]

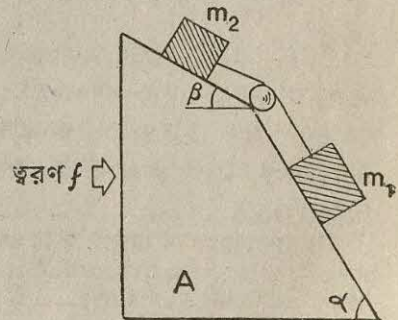
119. একটি চোঙাকৃতি পাত্রের ব্যাসার্ধ এবং ইহার ভারকেন্দ্রটি তলদেশ হইতে

h উচ্চতায় কেন্দ্র-রেখার উপরে অবস্থিত (চিত্র 34)। উল্টাইয়া ফেলিবার পূর্ব পর্যন্ত পাত্রটিকে উল্লম্ব রেখার সহিত সর্বোচ্চ কতটা কোণে কাত করা যাইবে ?

[A cylindrical vessel of radius r has its centre of gravity at a height of h from its bottom and on the centre line (Fig. 34). Through what maximum angle from the vertical can the vessel be displaced before it topples over ?]

চিত্র 34

120. a বাহুবিশিষ্ট দুইটি ঘনককে একত্রে আটকাইয়া তৈয়ারী একটি বস্তু একটি প্ল্যাটফর্মের উপর দাঁড়াইয়া আছে। নিচের ঘনকটি লোহার তৈয়ারী, ইহার ভর 1·02 kg, এবং উপরের ঘনকটি অ্যালুমিনিয়ামের তৈয়ারী, ইহার ভর 0·34 kg (চিত্র 35)। প্ল্যাটফর্মটিকে কত কোণে কাত করিলে বস্তুটি উল্টাইয়া পড়িবে ? বস্তুটির নীচের দিক উপরে থাকিলেই বা ন্যূনতম কত কোণে কাত করিলে বস্তুটি উল্টাইয়া পড়িবে ?

[A body consisting of two cubes of side 'a' glued together is standing on a platform (Fig 35). The lower cube is made of iron and has a mass of 1·02 kg, and the upper one is made of aluminium and has a mass of 0·34 kg. At what minimum angle must the platform be tilted in order for the object to topple over ? At what minimum angle must the platform be tilted if the object is standing the other way up ?]

চিত্র 35

121. অনুভূমিক টেবিলে বিদ্যমান একটি ব্লকের দুইটি ঘর্ষণহীন নততলে m_1 এবং m_2 ভরবিশিষ্ট দুইটি ঘনককে রাখা হইয়াছে। ঘনকদ্বয় একটি সূতার সাহায্যে যুক্ত। সূতাটি 36 নং চিত্রের অনুরূপভাবে একটি কপিকলের উপর দিয়া গিয়াছে। সমগ্র সংস্থাটি (অর্থাৎ, ব্লক ও ঘনকদ্বয়) কোন্ অনুভূমিক ত্বরণ f লইয়া চলিলে ঘনকদ্বয় নততল বাহিয়া পিচ্‌লাইয়া নিচে পড়িবে না ? এই অবস্থায় সূতার টান কত হইবে ?

চিত্র 36

[Two cubes of masses m_1 and m_2 lie on two frictionless slopes of block A which rests on a horizontal table. The cubes

are connected by a string which passes over a pulley as shown in the diagram. To what horizontal acceleration f should the whole system (i.e. block and cubes) be subjected so that the cubes do not slide down the planes ? What is the tension of the string in this situation ?]
(I. I. T. Adm. Test, 1978)

* * *

কার্য, ক্ষমতা ও শক্তি

122. m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তু সম-ত্বরণে চলিয়া t_f সময়ে v_f গতিবেগ লাভ করিল। (a) দেখাও যে, বস্তুর উপর কৃত কার্যকে v_f ও t_f-এর সাহায্যে এবং সময় t-এর অপেক্ষক হিসাবে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় ঃ

$$\frac{1}{2}m\frac{v_f^2}{t_f^2}t^2$$

(b) সময়ের অপেক্ষক হিসাবে বস্তুটিতে সরবরাহিত তাৎক্ষণিক ক্ষমতা কী হইবে ?

[A body of mass m accelerates uniformly from rest to speed v_f in time t_f. (a) Show that the work done on the body as a function of time, in terms of v_f and t_f, is

$$\frac{1}{2}m\frac{v_f^2}{t_f^2}t^2$$

(b) As a function of time t, what is the instantaneous power delivered to the body ?]

123. একটি হাল্কা বস্তু এবং একটি ভারী বস্তুর ভরবেগ সমান। উহাদের মধ্যে কোন্‌টির গতিশক্তি বেশি হইবে তাহা স্থির কর।

[A light body and a heavy body possess equal momentum. Determine which one possesses larger kinetic energy.

(সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

124. একটি বোর্ডের মধ্যে m ভরবিশিষ্ট একটি পেরেক পোঁতার জন্য M ভরবিশিষ্ট একটি হাতুড়ি ব্যবহৃত হইল। যখন হাতুড়িটি পেরেকে ঘা দেয় তখন উহার বেগ u। যদি প্রতিটি আঘাতে পেরেকটি বোর্ডের মধ্যে s দূরত্ব প্রোথিত হয় তাহা হইলে দেখাও যে, পেরেকটি যে-বাধার বিরুদ্ধে অগ্রসর হয় উহার মান $\frac{1}{2}Mu^2/(M+m)s$।

[A hammer of mass M is used to drive a nail of mass m into a board. The hammer, when it strikes the nail, has a velocity u. If each blow drives the nail a distance s into the board, show that the nail moves against a resistance of $\frac{1}{2}\frac{Mu^2}{(M+m)s}$.]

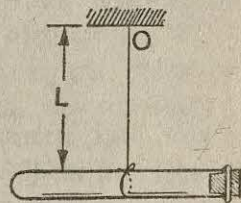
125. m ভরবিশিষ্ট একটি গুলিকে বন্দুকের সাপেক্ষে u বেগে ছোঁড়া হইল।

বন্দুক এবং গুলির প্রকৃত বেগ নির্ণয় কর। দেখাও যে, উহাদের গতিশক্তি উহাদের ভরের ব্যস্তানুপাতিক।

[A shot of mass m is fired from a gun of mass M with a velocity u relative to the gun. Find the actual velocities of the gun and the shot. Show that their kinetic energies are inversely proportional to their masses.]

126. অনুভূমিক অভিমুখে v m/s সমদ্রুতিতে চলমান একটি বাহক বেল্টের উপর M kg/s হারে বালি পড়িতেছে। (a) দ্রুতি বজায় রাখিবার জন্য কী পরিমাণ অতিরিক্ত বল প্রয়োগ করিতে হইবে, (b) এই বল কী হারে কার্য করে এবং (c) প্রতি সেকেণ্ডে বেল্টের বালির গতিশক্তির পরিবর্তন কত তাহা নির্ণয় কর। (b) এবং (c) অংশের উত্তরের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

[Sand falls at the rate of M kg/s on a conveyor belt moving horizontally at a constant speed of v m/s. Calculate (a) the extra force necessary to maintain this speed, (b) the rate at which work is done by this force and (c) the change in kinetic energy per second of the sand on the belt. Explain the difference in the results of (b) and (c).]

127. m ভরবিশিষ্ট একটি কর্কের সাহায্যে আবদ্ধ M ভরবিশিষ্ট একটি পরখ-নলে এক ফোঁটা ইথার রহিয়াছে। যখন পরখ-নলটিকে উত্তপ্ত করা হয় তখন ইথার গ্যাসের চাপে কর্কটি ছিট্‌কাইয়া বাহির হইয়া যায়। পরখ-নলটিকে L দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি ওজনহীন দৃঢ় দণ্ড দ্বারা ঝুলান রহিয়াছে (চিত্র 37)। কর্কটির প্রারম্ভিক গতিবেগ ন্যূনতম কত হইলে উহা O-বিন্দুকে ঘিরিয়া একটি পূর্ণ বৃত্ত বর্ণনা করিবে?

চিত্র 37

[A test tube of mass M closed with a cork of mass m contains a drop of ether. When the test tube is heated, the cork flies out under the pressure of the ether gas. The tube is suspended from a rigid bar of length L (Fig. 37). What is the least initial velocity which will cause the test-tube to describe a full circle about the pivot O ?]

128. কোন বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বলের দ্বারা কৃত কার্য সর্বদা বস্তুটির গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান। একটিমাত্র উপাংশ বল দ্বারা কৃত কার্য কি কখনও বস্তুটির গতিশক্তির পরিবর্তন অপেক্ষা বেশি হইতে পারে? যদি হয়, তাহা হইলে উদাহরণ দাও।

[The work done upon a body by the resultant force is always equal to the change in its kinetic energy. Can it happen that the work done by one of the component forces alone will be greater than the change in kinetic energy ? If so, give examples.]

129. একটি মোটরগাড়ি সমবেগে চলিতেছে। এই অবস্থায় গাড়ির ইঞ্জিন কার্য করিতেছে কি ?

[A car is moving with an uniform velocity. Is the engine of the car doing any work under this condition ?]

(সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

130. একই গতিশক্তিসম্পন্ন একটি লরি এবং একটি মোটরগাড়ির উপর ব্রেকের সাহায্যে একই বিরুদ্ধ বল প্রয়োগ করিয়া ইহাদিগকে স্থির অবস্থায় আনা হইল। থামিবার পূর্বে ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি অপেক্ষাকৃত কম দূরত্ব অতিক্রম করিবে ?

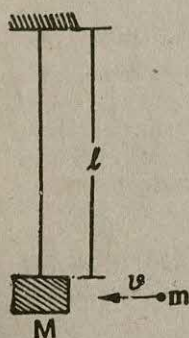
[A lorry and a car moving with the same kinetic energy are brought to rest by the application of brakes which provide equal retarding forces. Which of them will come to rest in a shorter distance ?] (I. I. T. Adm. Test, 1973)

131. স্রোতের বিপরীত দিকে নৌকার দাঁড় টানিয়া এক ব্যক্তি তীরের সাপেক্ষে স্থির অবস্থায় আছে। (a) সে কি কার্য করিতেছে ? (b) যদি সে দাঁড় টানা বন্ধ করিয়া দেয় এবং স্রোতের সহিত আগাইতে থাকে তাহা হইলে তাহার উপর কার্য হইবে কি ?

[A man rowing a boat upstream is at rest with respect to the shore. (a) Is he doing any work ? (b) If the man stop rowing and moves down with the stream, is any work being done on him ?]

132. একটি বস্তুকে একটি প্ল্যাটফর্মের উপর তুলিতে যে-পরিমাণ কার্য হয় উহা বস্তুটিকে কত দ্রুত উপরে তোলা হইল উহার উপর নির্ভর করিবে কি ?

[Does the work done in raising a body onto a platform depend on how fast it is raised ?]

133. m ভরবিশিষ্ট একটি বুলেট l দৈর্ঘ্যের একটি সূতা হইতে ঝুলন্ত M ভরবিশিষ্ট একটি কাঠের ব্লকে আঘাত করিল এবং উহাতে প্রবিষ্ট হইয়া রহিল (চিত্র 38)। বুলেটের গতিবেগ v হইলে ব্লকটির কৌণিক বিস্তার কত হইবে নির্ণয় কর।

চিত্র 38

[A bullet of mass m hits a wooden block of mass M which is suspended from a thread of length l and is embedded in it. Find through what angle the block will swing if the bullet's velocity is v (Fig. 38).]

134. সূর্যের চতুর্দিকে পরিভ্রমণরত পৃথিবীর উপর একটি বল ক্রিয়া করে। কাজেই এই বল নিশ্চয়ই পৃথিবীর উপর কার্য সম্পাদন করে। তুমি কি এই উক্তি সমর্থন কর ?

['The earth moving about the sun in a circular orbit is acted upon by a force and hence work must be done on the earth by this force'. Do you agree with this statement ?]

(I. I. T. Adm. Test, 1973)

135. গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করিতেছে, অথচ কোন কার্য করিতেছে না—এইরূপ একটি বলের দৃষ্টান্ত দাও।

[Give an example of a force acting on a moving body, yet doing no work.]

136. m ভরবিশিষ্ট একটি বুলেট v_0 গতিবেগে অনুভূমিক রেখা বরাবর চলিয়া একটি সূতা হইতে ঝুলন্ত M ভরবিশিষ্ট একটি কাঠের ব্লকের উপর আঘাত করিয়া উহার সহিত আট্‌কাইয়া যায়। বুলেটের সহিত সংঘাতের পর সাম্যাবস্থান হইতে সূতার বিক্ষেপের ফলে কাঠের ব্লকটি কতটা উচ্চতা পর্যন্ত উঠিবে?

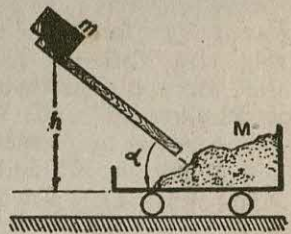
[A bullet of mass m, travelling horizontally with a velocity v_0, hits a wooden block of mass M, suspended on a string and sticks to the block. To what height will the block rise after the bullet hits it, due to deviation of the string from the equilibrium position ?]

137. কোন পড়ন্ত বস্তু ভূমি স্পর্শ করিলে উহার উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় কেন ব্যাখ্যা কর।

(Explain why a falling body becomes hotter when it strikes the ground.]

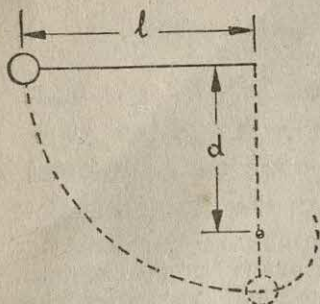
138. দুইটি স্প্রিং-এর বল ধ্রুবক যথাক্রমে K_1 এবং K_2 $(K_1 > K_2)$। (*i*) যখন উহাদের উভয়ের সমান দৈর্ঘ্য-বৃদ্ধি করা হয় এবং (*ii*) উহাদিগকে সমান বল প্রয়োগ করিয়া টানা হয় তখন কোন্ স্প্রিং-এ বেশি কার্য করিতে হইবে ?

[Two springs have their force constants as K_1 and K_2 $(K_1 > K_2)$. On which spring is more work done (i) when their lengths are increased by the same amount, (ii) when they are stretched by the same force ?] (I. I. T. Adm. Test, 1976)

139. m ভরবিশিষ্ট কোন বস্তু একটি মসৃণ আনত তক্তা বরাবর নামিয়া একটি বালি বোঝাই ট্রাকের উপর পড়িল (চিত্র 39)। বস্তুটি ট্রাকের উপর পড়িলে ট্রাকটি কী গতিবেগ লাভ করিবে ? ট্রাকটির ভর M, ট্রাকের তল হইতে বস্তুটির প্রাথমিক উচ্চতা h এবং অনুভূমিক তলের সহিত তক্তাটির আনতি α। ঘর্ষণ উপেক্ষা কর।

চিত্র 39

[A body of mass m slides down a smooth inclined plank on a motionless truck loaded with sand. What will be the velocity of the truck when the body falls onto it. The mass of the truck is M, the height of the initial position of the body above the level of the truck is h, and the angle of inclination of the plank to the horizontal is α (Fig. 39). Neglect friction.]

140. দেখাও যে, সরল দোলকের দোলনের সময় সূতার টান-কর্তৃক কৃত কার্যের মান শূন্য।

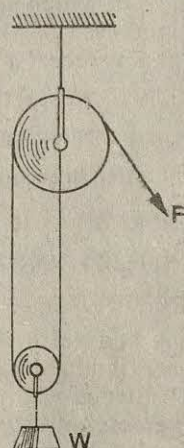
[In the motion of a simple pendulum, show that the work done by the tension in the string is zero.]

চিত্র 40

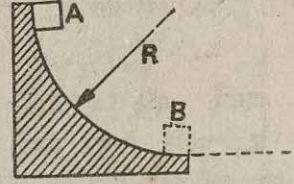
141. একটি সরল দোলকের বিলম্বন-বিন্দু হইতে d দূরত্ব নিচে একটি পেরেক রহিয়াছে। দোলকটিকে অনুভূমিক অবস্থা হইতে ছাড়িয়া দেওয়া হইল (চিত্র 40)। দেখাও যে, d-এর ন্যূনতম মান $0{\cdot}6l$ হইলে তবেই পিণ্ডটি পেরেকটিকে কেন্দ্র করিয়া পূর্ণ বৃত্তপথে আসিতে পারে।

[A nail is located at a certain distance below the point of suspension of a simple pendulum. The pendulum bob is released from the position where the string is horizontal (Fig. 40). Show that d must be at least $0{\cdot}6l$, if the bob is to swing completely around a circle centred on the nail.]

142. একটি ভার W-কে সমগতিবেগে উপরে তুলিবার জন্য 41 নং চিত্রে অঙ্কিত কপিকল ব্যবস্থাটি ব্যবহৃত হইয়াছে। এ উদ্দেশ্যে সূতার মুক্ত প্রান্তে F বল প্রয়োগ করা হইল। (i) কপিকলের সূতার মুক্ত প্রান্তটিকে টানিয়া x দূরত্ব সরান হইলে W ভারটি কতটা উপরে উঠিবে? (ii) ইহাতে বস্তুটির শক্তির কী পরিবর্তন হইবে? (iii) F-এর মান কত এবং ইহা কত কার্য করে? (iv) আলোচ্য কপিকল ব্যবস্থাটির যান্ত্রিক সুবিধা কত? (ঘর্ষণ এবং পুলি ও সূতার ভর উপেক্ষা কর।)

চিত্র 41

[The pulley system shown in Fig. 41 is used to lift a weight W with uniform velocity by applying a force F at the free end of the string. (i) While the free end of the string is pulled through a distance x, by what distance does W move up? (ii) What is the corresponding change in the energy of W? (iii) What is the magnitude of F and the work done by it? (iv) What is the mechanical advantage of the system? (Neglect friction and mass of pulley and strings.) (I. I. T. Adm. Test, 1973)

143. একটি বস্তু R ব্যাসার্ধবিশিষ্ট বৃত্তের চতুর্থাংশের আকারের বক্রপথ ধরিয়া পিছলাইয়া নিচে নামিয়া আসিতেছে (চিত্র 42)। যদি বস্তুটি স্থির অবস্থা হইতে যাত্রা শুরু করে এবং যদি কোন ঘর্ষণ না থাকে তাহা হইলে ঐ বক্রপথের নিচে আসিয়া বস্তুটির গতিবেগ কত হইবে?

[A body slides down a circular track which is one quadrant of a circle of radius R as shown in Fig 42. If it starts from rest and there is no friction. find its speed at the bottom of the track.]

চিত্র 42

144. m ভরবিশিষ্ট এবং v গতিবেগ সম্পন্ন একটি বুলেট একটি সরল দোলকের M ভরবিশিষ্ট পিণ্ডের মধ্য দিয়া প্রবেশ করিয়া $v/2$ গতিবেগে বাহির হইয়া আসিল। যদি দোলকের দৈর্ঘ্য l হয় তাহা হইলে v-এর মান ন্যূনতম কত হইলে পিণ্ডটি একটি পূর্ণ বৃত্তপথে ঘুরিবে ?

[A bullet having mass m and velocity v passes through the bob of a simple pendulum of mass M, and emerges with velocity $v/2$. If the length of the pendulum is l, find the minimum value of v such that the bob will describe a complete circle.]

145. একই উচ্চতা হইতে বালির উপর পড়িলে কোন ব্যক্তি যতটা আঘাত পায় পাকা মেঝের উপর পড়িলে তদপেক্ষা বেশি আঘাত পায় কেন ?

[Why is a man hit harder when he falls on a paved floor than when he falls on the sand from the same height ?]

(সংসদের নমুনা প্রশ্ন,1980)

সমাধান

1. (*i*) দুইটি সমান এবং বিপরীতমুখী ভেক্টর একই বিন্দুতে ক্রিয়া করিলে উহাদের লব্ধি শূন্য হয়। দুইটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি কখনও শূন্য হইতে পারে না। মনে করি, P এবং Q ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ α। এই ভেক্টরদ্বয়ের লব্ধি R-এর মান নিম্নের সমীকরণ হইতে পাওয়া যায়

$$R=\sqrt{P^2+Q^2+2PQ\cos\alpha} \quad \cdots \quad (i)$$

যখন $\alpha=\pi$; তখন R-এর মান ন্যূনতম হইবে। লব্ধি ভেক্টরের ন্যূনতম মান

$$R_{min}=|P-Q| \quad \cdots \quad (ii)$$

সমীকরণ (ii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, R=Q না হইলে P-এর ন্যূনতম মান শূন্য হইতে পারে না। ইহা হইতে সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, দুইটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি কখনও শূন্য হইতে পারে না।

(*ii*) তিনটি ভেক্টরের মধ্যে যে-কোন দুইটি ভেক্টরের লব্ধি যদি তৃতীয় ভেক্টরটির সমান এবং বিপরীতমুখী হয় তাহা হইলে তিনটি ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হইতে পারে। মনে করি, $\vec{P}$, $\vec{Q}$ এবং $\vec{R}$ ভেক্টর তিনটি O-বিন্দুতে ক্রিয়া

করিতেছে। $\vec{P}$ এবং $\vec{Q}$ ভেক্টরের লব্ধি যদি R-এর সমান এবং বিপরীতমুখী হয়, তাহা হইলে লেখা যায় যে,

$$\vec{P}+\vec{Q}=-\vec{R} \qquad \vec{P}+\vec{Q}+\vec{R}=0$$

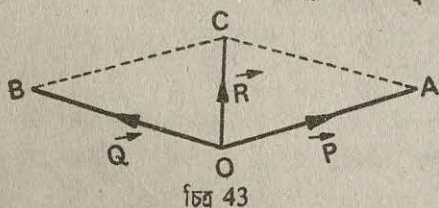
অর্থাৎ, এইরূপ ক্ষেত্রে তিনটি ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হইতে পারে।

2. দুইটি ভেক্টর একই বিন্দুতে পরস্পরের সহিত তির্যগভাবে ক্রিয়া করিলে ভেক্টরের সামান্তরিক সূত্র (Law of parallelogram of vectors) হইতে উহাদের লব্ধি পাওয়া যায়। এই সূত্রানুসারে, উক্ত দুই ভেক্টরকে সন্নিহিত বাহু ধরিয়া অঙ্কিত সামান্তরিকের কর্ণই হইবে ইহাদের লব্ধি। ভেক্টরদ্বয় পরস্পর তির্যগভাবে থাকিলে উহাদের দ্বারা উৎপন্ন সামান্তরিকের কর্ণের দৈর্ঘ্য কখনই শূন্য হইতে পারে না। সুতরাং সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, পরস্পর তির্যগভাবে ক্রিয়াশীল দুইটি ভেক্টরের লব্ধি কখনও শূন্য হইতে পারে না।

3. ভেক্টর রাশির অভিমুখ আছে বলিয়া বীজগণিতের সাধারণ নিয়মে কেবলমাত্র মান যোগ করিয়া দুইটি ভেক্টরের যোগফল বা লব্ধি (resultant) পাওয়া যায় না। ভাষান্তরে বলা যায় যে, কেবলমাত্র ভেক্টরদ্বয়ের মান দ্বারাই উহাদের লব্ধি ভেক্টর নির্ধারিত হয় না, লব্ধি ভেক্টরটির মান এবং অভিমুখ ঐ দুই ভেক্টরের অন্তর্ভুক্ত কোণ দ্বারাও নির্ধারিত হয়। আমরা জানি যে, ভেক্টরের সামান্তরিক সূত্রের সাহায্যে দুইটি ভেক্টরের লব্ধি নির্ণয় করা যায়। এই সূত্রটি হইল নিম্নরূপ :

দুইটি ভেক্টর মানে এবং দিকে যদি উহাদের প্রয়োগবিন্দু হইতে অঙ্কিত একটি সামান্তরিকের সন্নিহিত বাহুর দ্বারা সূচিত হয় তাহা হইলে উক্ত প্রয়োগবিন্দু হইতে অঙ্কিত সামান্তরিকটির কর্ণ দ্বারাই ভেক্টর দুইটির লব্ধি সূচিত হইবে।

দুইটি সন্নিহিত বাহুর দৈর্ঘ্য স্থির রাখিয়া উহাদের অন্তর্ভুক্ত কোণের মান বদলাইলে সামান্তরিকের কর্ণের দৈর্ঘ্য বদলায়। ইহার তাৎপর্য এই যে, দুইটি নির্দিষ্ট ভেক্টরের অন্তর্ভুক্ত কোণের মান বদলাইলে উহাদের ভেক্টরের মানও বদলায়।

যখন ভেক্টরদ্বয়ের অন্তর্ভুক্ত কোণ শূন্য হয় তখন লব্ধি ভেক্টরের মান সর্বোচ্চ। ভেক্টর দুইটির মান যথাক্রমে P এবং Q হইলে এই সময় ভেক্টরদ্বয়ের লব্ধির মান (P+Q) হইবে। অর্থাৎ এক্ষেত্রে লব্ধি ভেক্টরের মান উভয় মান অপেক্ষা বেশি হয়।

চিত্র 43

কিন্তু যখন P এবং Q ভেক্টরের মান প্রায় সমান এবং উহাদের অন্তর্ভুক্ত কোণ 180°-এর কাছাকাছি তখন লব্ধি ভেক্টরের মান খুব কম হয়। এই সময় লব্ধি ভেক্টরের মান উভয় ভেক্টরের মান অপেক্ষা কম হইতে পারে (চিত্র 43)। P এবং Q সমান হইলে এবং ইহাদের অন্তর্ভুক্ত কোণ 180° হইলে লব্ধি ভেক্টরের মান শূন্য হইবে।

4. সাম্যাবস্থায় $mg-2mg\cos\theta=0$ হইবে (চিত্র 44)।

কাজেই, $\cos\theta=\frac{1}{2}$

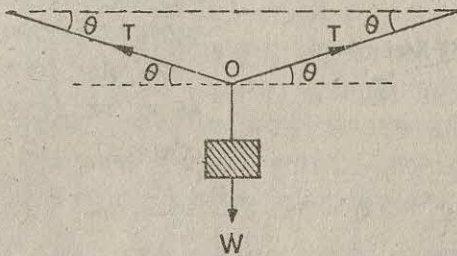
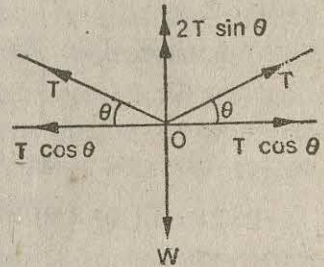
বা, $\theta=60^\circ$ হইবে।

মধ্যবিন্দুতে ঝুলান বস্তুটি যে-দূরত্ব নামিয়া যাইবে উহাকে x ধরিলে লেখা যাইবে,

$$x=l\cot\theta=l\cot 60^\circ=\frac{l}{\sqrt{3}}$$

চিত্র 44

5. মনে করি, একটি দড়ির মধ্য-বিন্দু O-তে একটি ওজন W ঝুলাইয়া দিয়া উহার দুই প্রান্তকে একটি অনুভূমিক তলের দুই বিন্দুতে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ করা হইল। এই অবস্থায় দড়ির দুই অংশ অনুভূমিক রেখার সহিত θ কোণ করিয়াছে (চিত্র 45)। দেখাইতে হইবে যে, θ-এর মান শূন্য হইতে পারে না।

ধরি, দড়ির দুই অংশে যে-টান ক্রিয়া করিতেছে তাহার মান $=T$

চিত্র 45

দড়ির মধ্যবিন্দু O-এর সাম্য বিবেচনা করিয়া লেখা যায় যে, ইহার উপর কোন অসম বলের ক্রিয়া নাই। উল্লম্ব অভিমুখে O-বিন্দুর উপর কোন অসম বল ক্রিয়া করিতেছে না বলিয়া সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, দড়ির দুই অংশের টান T-এর উল্লম্ব উপাংশের যোগফল O-বিন্দু হইতে ঝুলান ওজন W-এর সমান।

অর্থাৎ, $W=2T\sin\theta$ ... (i)

[45 নং চিত্র হইতে]

[(i) নং সমীকরণটি অন্যভাবেও পাওয়া যায়। দড়ির দুই অংশে T-টান ক্রিয়া করিতেছে। এই দুই বলের মধ্যবর্তী কোণ$=(\pi-2\theta)$

কাজেই, এই দুই বলের লব্ধি $R=\sqrt{T^2+T^2+2.\ T.\ T.\cos(\pi-2\theta)}$

$$=\sqrt{2T^2+2T^2\cos(\pi-2\theta)}\ =\sqrt{2T^2(1-\cos 2\theta)}$$

$$=\sqrt{4T^2\sin^2\theta}\ =2T\sin\theta$$

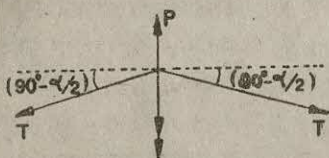
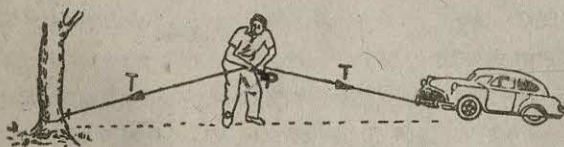
সাম্যাবস্থায় $R=W$ বলিয়া লেখা যায়, $W=2T \sin \theta$]

সমীকরণ (i) হইতে পাই, $\sin \theta=\frac{W}{2T}$

T-এর মান অসীম হইতে পারে না। কাজেই দেখা যাইতেছে যে, W-এর মান শূন্য না হইলে $\theta=0$ হইতে পারে না। সুতরাং সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, কোন দড়ির মধ্যস্থলে কোন ওজন ঝুলাইয়া দড়িটিকে অনুভূমিক অবস্থায় সাম্যে রাখা যায় না।

6. যখন দড়িটি টান-টান অবস্থায় আছে তখন দড়ির দৈর্ঘ্যের সহিত লম্বাভি-মুখে উহার উপরে কোন বল P প্রয়োগ করা হইলে দড়িটিতে প্রচণ্ড টান (tension) ক্রিয়া করে (5 নং প্রশ্নের সমাধান হইতে ইহা বুঝা যায়)। ইহার কারণ নিম্নে ব্যাখ্যা করা হইল।

চিত্র 46

প্রযুক্ত বল P দড়ির দুই অংশে ক্রিয়াশীল টান T-এর লব্ধির সমান হইবে। এখন যদি দড়ির দুই অংশের অন্তর্বর্তী কোণ ∝ হয়, তাহা হইলে 46 নং চিত্র হইতে লেখা যায়,

$$P=2T \sin (90-\alpha/2) =2 \cos \frac{\alpha}{2} \quad \text{বা,} \quad T=\frac{P}{2 \cos \alpha/2} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এখন α-এর মান 180°-এর কাছাকাছি হইলে $\cos \alpha/2$-এর মান শূন্যের কাছাকাছি হইবে অর্থাৎ, T-এর মান খুব বড় হইবে। সুতরাং বুঝা যাইতেছে যে, যখন গাড়ি এবং বৃক্ষের সহিত যুক্ত দড়িটি টান-টান অবস্থায় থাকে তখন দড়ির দৈর্ঘ্যের সহিত লম্বভাবে অতি ক্ষুদ্র মানের বল প্রয়োগ করিয়াই দড়িতে প্রচণ্ড টান সৃষ্টি করা যায়। এইজন্য আটকাইয়া-যাওয়া গাড়িকে এই কৌশল প্রয়োগ করিয়া অল্প আয়াসে সচল করা সম্ভব হয়।

7. (a) কোন বস্তুর গতিবেগ শূন্য হইলেও উহার ত্বরণ থাকিতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, সরল দোলকের পিণ্ডটি যখন উহার গতিপথের প্রান্তিক অবস্থানে (অর্থাৎ, মধ্যবিন্দু হইতে সর্বোচ্চ দূরত্বে) যায় তখন উহার গতিবেগ শূন্য, কিন্তু এই সময় পিণ্ডটির ত্বরণের মান সর্বোচ্চ। প্রকৃতপক্ষে যে-কোন সরল দোল গতিসম্পন্ন কণার ক্ষেত্রেই এইরূপ হইবে। অর্থাৎ, যখন সরল দোল গতিসম্পন্ন কণার গতিবেগ শূন্য তখন উহার ত্বরণ শূন্য হয় না।

(b) গতিবেগ একটি ভেক্টর রাশি। ইহার মান এবং দিক আছে। কাজেই

সময়ের সহিত গতিবেগের মান না বদলাইয়া কেবলমাত্র ইহার অভিমুখ বদলাইলেও ইহা গতিবেগের পরিবর্তন সূচিত করে। কোন বস্তু যখন সমদ্রুতিতে একটি বৃত্তপথে ঘুরিতে থাকে তখন প্রতি মুহূর্তে ইহার গতিপথের অভিমুখ বদলায়। কাজেই এই সময় বস্তুটির দ্রুতি ধ্রুবক হইলেও গতিবেগ পরিবর্তনশীল।

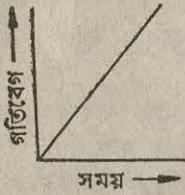
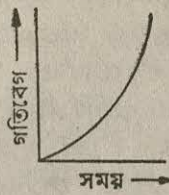
(c) কোন বস্তুর গতিবেগ ধ্রুবক হইবার তাৎপর্য এই যে, সময়ের সহিত ইহার গতিবেগের মান এবং অভিমুখ—ইহাদের কোনটিই পরিবর্তিত হইতেছে না। গতিবেগের মান ধ্রুবক বলিয়া ইহার দ্রুতি (প্রতি সেকেণ্ডে অতিক্রান্ত মোট দূরত্ব) পরিবর্তনশীল হইতে পারে না। কাজেই, সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, কোন বস্তুর গতিবেগ ধ্রুবক হইলে উহার দ্রুতি পরিবর্তনশীল হইতে পারে না।

8. গতিবেগ এবং ত্বরণ একমুখী না হইলে ত্বরণ স্থির থাকিলেও বস্তুর গতিবেগের অভিমুখ বদলাইবে। উদাহরণস্বরূপ অনুভূমিক অভিমুখে একটি নির্দিষ্ট গতিবেগে উৎক্ষিপ্ত কোন বস্তুর গতি বিবেচনা করা যাইতে পারে। এই সময় বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল ত্বরণ অভিকর্ষজ ত্বরণের সমান। কাজেই, উৎক্ষিপ্ত বস্তুটির ত্বরণ স্থির। এই ত্বরণ উল্লম্ব অভিমুখে ক্রিয়াশীল। এক্ষেত্রে, বস্তুর প্রাথমিক বেগ এবং ত্বরণের অভিমুখ এক নয় বলিয়া প্রতি মুহূর্তে বস্তুটির গতিবেগের অভিমুখ বদলায়।

9. কোন বস্তুর ত্বরণ উহার গতিবেগের বিপরীতমুখী হইতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, যখন কোন বস্তু উল্লম্বভাবে ঊর্ধ্বাভিমুখে উৎক্ষিপ্ত হয় তখন উহার গতিবেগ ঊর্ধ্বমুখী, কিন্তু উহার উপর ক্রিয়াশীল ত্বরণ (অভিকর্ষজ ত্বরণ) নিম্নাভিমুখী। এই সময় প্রকৃতপক্ষে গতিবেগের অভিমুখে (অর্থাৎ, ঊর্ধ্বাভিমুখে) বস্তুটির মন্দন ঘটে। সুতরাং, কোন বস্তু যখন মন্দন লইয়া চলে তখন উহার গতিবেগ এবং ত্বরণ পরস্পর বিপরীতমুখী। কাজেই বলা যায়, যখন কোন বস্তু মন্দন লইয়া পূর্বাভিমুখে চলে তখন উহার গতিবেগ পূর্বাভিমুখী, কিন্তু ত্বরণ পশ্চিমাভিমুখী।

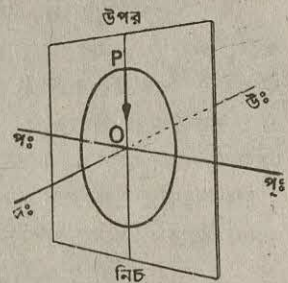
10. কোন বস্তুর গতি দ্বিমাত্রিক হইলেও উহার ত্বরণ একমাত্রিক হইতে পারে। যখন কোন বস্তু অনুভূমিক রেখা বরাবর একটি নির্দিষ্ট গতিবেগে উৎক্ষিপ্ত হয় তখন বস্তুটির উপর অভিকর্ষজ ত্বরণ ক্রিয়া করে। এই ত্বরণের অভিমুখ নিম্নাভিমুখী। অভিকর্ষজ বল বস্তুটির অনুভূমিক গতিবেগকে প্রভাবিত করে না। কাজেই, বস্তুটি উহার প্রাথমিক গতিবেগের দরুন অনুভূমিক অভিমুখে চলে, সেই সঙ্গে অভিকর্ষের টানে একটি নিম্নাভিমুখী ত্বরিত গতি লইয়া চলিতে থাকে। অর্থাৎ, বস্তুটির গতি দ্বিমাত্রিক। অনুভূমিক অভিমুখে ইহার কোন ত্বরণ নাই, ইহার ত্বরণ সর্বদা উল্লম্ব অভিমুখে ক্রিয়াশীল। বস্তুটি সর্বদা একটি নির্দিষ্ট উল্লম্বতলে অবস্থান করে এবং একটি অধিবৃত্তাকার পথে চলিতে থাকে।

11. (i) কোন বস্তুর ত্বরণ উহার গতিবেগ-সময় লেখচিত্রের নতির (slope) সমান। যে-বস্তু সমত্বরণ লইয়া চলিতেছে উহার গতিবেগ-সময় লেখচিত্রের নতি সময়-নিরপেক্ষ। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে গতিবেগ-সময় লেখচিত্রটি সরলরেখা হইবে [চিত্র 47 (a)]।

(ii) ত্বরণ ক্রমবর্ধমান হইলে সময়ের সহিত উহার গতিবেগ-সময় লেখ-চিত্রের নতি (slope) বৃদ্ধি পাইবে। এক্ষেত্রে গতিবেগ-সময় লেখচিত্রটি সরলরেখা হইবে না, সময়ের সহিত উপরের দিকে বাঁকিয়া যাইবে [চিত্র 47 (b)]।

চিত্র 47 (a) চিত্র 47 (b)

12. A হইতে B বিন্দু পর্যন্ত বস্তুটি সম-মন্দন লইয়া চলিতেছে (চিত্র 3 দ্রষ্টব্য)। A বিন্দুতে আসিয়া বস্তুটির গতিবেগ শূন্য হইতেছে। B বিন্দুর পর বস্তুটির গতির অভিমুখ বদলাইয়া যায়। ইহার পর বস্তুকণার গতিবেগ বৃদ্ধি পাইতে থাকে। অর্থাৎ, বলা যায় যে, B বিন্দুর পর বস্তুটি সম-ত্বরণ লইয়া প্রাথমিক গতিবেগের বিপরীত দিকে চলিতে থাকে।

বস্তুকণার প্রাথমিক গতিবেগ $u=8$ cm/sec
এবং বস্তুকণার ত্বরণ, $f=-\frac{4}{5}$ cm/sec^2
বস্তুকণার সরণ, $s=ut+\frac{1}{2}ft^2=8t-\frac{2}{5}t^2$

13. কোন নির্দিষ্ট সময়ে যে-বস্তুর গতিবেগের অভিমুখ পশ্চিম দিকে উহার ত্বরণ-যে পূর্ব, পশ্চিম, উত্তর বা দক্ষিণ অভিমুখে হইবে এমন কোন কথা নাই। পূর্ব-পশ্চিম রেখার মধ্য দিয়া অঙ্কিত উল্লম্ব তলে বৃত্তপথে ভ্রাম্যমাণ একটি বস্তুকণার গতি বিবেচনা করা যাক (চিত্র 48)। মনে করি, কণাটি ঐ বৃত্তপথে বামাবর্তে ঘুরিতেছে। স্পষ্টতই বৃত্তের সর্বোচ্চ বিন্দু P-তে বস্তুকণার অভিমুখ পশ্চিম দিকে। কিন্তু ইহার ত্বরণ কেন্দ্রাভিমুখী (OP হইতে O-এর দিকে)। অর্থাৎ, P বিন্দুতে বস্তুকণার গতিবেগ পশ্চিম দিকে, আর ত্বরণ উল্লম্ব রেখা বরাবর নিচের দিকে।

চিত্র 48

14. মনে করি, দুইটি স্থানের মধ্যবর্তী দূরত্ব $=x$; এই দূরত্বের প্রথমার্ধ অতিক্রম করিতে যে-সময় লাগিবে উহার মান $t_1=\frac{x/2}{v_1}=\frac{x}{2v_1}$

এই দূরত্বের দ্বিতীয়ার্ধ অতিক্রম করিতে প্রয়োজনীয় সময়

$$t_2=\frac{x/2}{v_2}=\frac{x}{2v_2}$$

কাজেই, প্রথম স্থান হইতে দ্বিতীয় স্থানে যাইতে মোট যে-সময় লাগে তাহার মান,

$$t=t_1+t_2=\frac{x}{2}\left[\frac{1}{v_1}+\frac{1}{v_2}\right]=\frac{x(v_1+v_2)}{2v_1v_2}$$

সুতরাং, ট্রেনটির গড় দ্রুতি $= \dfrac{\text{অতিক্রান্ত দূরত্ব } (x)}{\text{সময় } (t)} = \dfrac{2v_1 v_2}{v_1+v_2}$

● অনুরূপ প্রশ্ন : একটি মোটরগাড়ি দুইটি স্থানের দূরত্বের প্রথমার্ধ 40 km/hr দ্রুতিতে এবং দ্বিতীয়ার্ধ 60 km/hr দ্রুতিতে অতিক্রম করিল। মোটরগাড়িটির গড় দ্রুতি কত ?

[A car covers the first half of the distance between two places at a speed of 40 km/hr and the second half at 60 km/hr. What is the average speed of the car ?] (I. I. T. Adm. Test, 1974]

[48 km/hr]

15. পরস্পরের সাপেক্ষে গতিশীল বিভিন্ন দর্শকের নিকট একই ভৌত রাশির মান বিভিন্ন হইতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, ভূমিতে স্থিরভাবে দণ্ডায়মান ব্যক্তির সাপেক্ষে কোন ট্রেনের গতিবেগ একটি ছুটন্ত গাড়িতে অবস্থিত কোন ব্যক্তির সাপেক্ষে ট্রেনটির গতিবেগের সমান হইবে না। ট্রেনটিতে অবস্থিত কোন দর্শকের সাপেক্ষে এই গতিবেগ শূন্য। লক্ষণীয় যে, ট্রেনের গতিবেগের প্রতিটি মানই দর্শকের নিজ নিজ নির্দেশ ফ্রেমের সাপেক্ষে 'সত্য', কিন্তু এই মানগুলির মধ্যে কোনটিরই অপর মানগুলির তুলনায় কোন মৌলিক সুবিধা নাই। সাধারণভাবে বলা যায় যে, কোন ভৌত রাশির মান দর্শকের নির্দেশ ফ্রেমের উপর নির্ভর করে। শুধু গতিবেগই নয়, কোন বস্তুকণার সরণ, দুইটি ঘটনার মধ্যবর্তী সময়ের অবকাশ, তড়িৎ-ক্ষেত্র, চৌম্বক ক্ষেত্র ইত্যাদি রাশির মানও নির্দেশ ফ্রেমের উপর নির্ভরশীল। (এই উক্তির তাৎপর্য সম্যকভাবে বুঝিতে হইলে আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতাবাদ পাঠ করা প্রয়োজন)

পূর্বে ধারণা ছিল যে, এমন একটি নির্দেশ ফ্রেম রহিয়াছে, অন্যান্য নির্দেশ ফ্রেমের সাপেক্ষে যাহার কতকগুলি মৌলিক সুবিধা আছে। ইহাকে 'পরম নির্দেশ ফ্রেম' (absolute frame) বলিয়া আখ্যা দেওয়া হইয়াছিল। এই পরম নির্দেশ ফ্রেমে স্থির কোন দর্শকের সাপেক্ষে কোন ভৌত রাশির মান নির্ণয় করিলে উহার 'প্রকৃত' (true) বা 'পরম' (absolute) মান পাওয়া যাইবে—ইহাই ছিল তৎকালীন পদার্থবিজ্ঞানের ধারণা। কিন্তু বহু বৎসর ধরিয়া নানা পরীক্ষা-নিরীক্ষা করিয়াও এইরূপ কোন নির্দেশ ফ্রেমের সন্ধান না পাইয়া বর্তমানে এই ধারণা বাতিল করিয়া দেওয়া হইয়াছে।

পরস্পরের সাপেক্ষে এবং স্থির নক্ষত্রগুলির সাপেক্ষে সমগতিবেগসম্পন্ন কতকগুলি নির্দেশ ফ্রেম কল্পনা করা হইল। এই সকল (ত্বরণহীন এবং ঘূর্ণনহীন) নির্দেশ ফ্রেমকে জড়ত্বীয় নির্দেশ ফ্রেম (inertial reference frames) বলা হয়। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, কোন ভৌত রাশির পরিমাপের ক্ষেত্রে সকল জড়ত্বীয় ফ্রেমগুলি পরস্পরের তুল্য। বিভিন্ন নির্দেশ ফ্রেমের দর্শকের সাপেক্ষে পরীক্ষাধীন ভৌত রাশিগুলির মান বিভিন্ন হইতে পারে সত্য, কিন্তু পরীক্ষালব্ধ রাশিগুলির পারস্পরিক সম্পর্ক অর্থাৎ 'পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রাবলী' (laws of physics) সকল দর্শকের নিকট অভিন্ন হইবে।

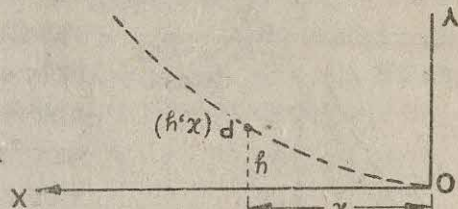
উদাহরণস্বরূপ, মনে করি বিভিন্ন জড়ত্বীয় নির্দেশ ফ্রেমে অবস্থিত দর্শকগণ স্থিতিস্থাপক সংঘাতে লিপ্ত কয়েকটি কণার ও ঐ কণা-সংস্থার ভরবেগ মাপিলেন। বিভিন্ন নির্দেশ ফ্রেমের দর্শক ঐ কণাসংস্থার ভরবেগের বিভিন্ন মান পাইবে সত্য, কিন্তু দেখা যাইবে যে, সকল দর্শকের ক্ষেত্রেই কণা-সংস্থার প্রাথমিক (সংঘাত-পূর্ব) ভরবেগ এবং অন্তিম (সংঘাতোত্তর) ভরবেগ সমান। অর্থাৎ, সকল নির্দেশ ফ্রেমের দর্শকই দেখিবে যে, সংঘাতকালে ভরবেগের নিত্যতা সূত্রটি প্রযোজ্য।

সুতরাং সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, সকল নির্দেশ ফ্রেমের সাপেক্ষে ভৌত রাশির মান অভিন্ন না হইলেও ভৌত সূত্রাবলী (physical laws) সকল নির্দেশ ফ্রেমেই অভিন্ন।

16. কোন বস্তুর গতির বর্ণনা করিতে হইলে সময়ের সহিত উহার অবস্থানের কীরূপ পরিবর্তন হইতেছে তাহা বলা প্রয়োজন। যাহার সাপেক্ষে এই গতির বর্ণনা করা হয় তাহাকে 'নির্দেশ ফ্রেম' (reference frame) বলে। পৃথিবী-পৃষ্ঠের বিভিন্ন বস্তুর গতির বর্ণনা দিবার সময় আমরা সাধারণত পৃথিবীকে নির্দেশ ফ্রেম ধরিয়া লই। অর্থাৎ, পৃথিবীর সাপেক্ষে যে-সকল বস্তুর অবস্থান সময়ের সহিত পরিবর্তিত হইতেছে উহাদিগকে আমরা গতিশীল বলি, এবং পৃথিবীর সাপেক্ষে যে-সকল বস্তুর অবস্থান সময়ের সহিত পরিবর্তিত হইতেছে না উহাদিগকে আমরা স্থির বা স্থিতিশীল বলি। কিন্তু পৃথিবী স্থির নয়। উহা মহাশূন্যে তীব্র গতিতে ছুটিতেছে। এই কথা স্মরণ রাখিলে বলা যায় যে, যে-সকল বস্তু পৃথিবীর সাপেক্ষে স্থির উহারা পরম অর্থে স্থির নয় এবং পৃথিবীর সাপেক্ষে কোন বস্তুর গতি উহার পরম গতি (absolute motion) নয়। কোন বস্তুর পরম গতি জানিতে হইলে এমন একটি নির্দেশ ফ্রেমের সাপেক্ষে গতির বর্ণনা করিতে হইবে যে-নির্দেশ ফ্রেমটি পরম স্থির (absolute rest) অবস্থায় আছে। কিন্তু বিশ্বে এইরূপ কোন নির্দেশ ফ্রেম নাই। কাজেই, কোন বস্তুর পরম গতির পরিমাপ করা অসাধ্য। আমরা কোন বস্তুর যে-গতির কথা বলি তাহা সর্বদাই একটি নির্দেশ ফ্রেমের সাপেক্ষে ঐ বস্তুর আপেক্ষিক গতি।

17: (i) সমবেগে সরলরেখা বরাবর চলমান রেলগাড়ির মধ্যবর্তী সকল বস্তুই ট্রেনের গতিবেগে চলিতেছে। কাজেই, আরোহীর হাতের মুদ্রাটির প্রাথমিক গতিবেগ ট্রেনের গতিবেগের সমান। ট্রেনের কামরা হইতে ঝুঁকিয়া মুদ্রাটিকে কামরার বাহিরে ফেলিয়া দিলে মুদ্রাটি অভিকর্ষের প্রভাবে নিচে নামিতে থাকিবে, কিন্তু ইহাতে উহার প্রাথমিক গতিবেগের কোনরূপ পরিবর্তন হইবে না। গতিজাড্যের জন্য মুদ্রাটি উহার প্রাথমিক গতিবেগ বজায় রাখিবে (বায়ুজনিত বাধা উপেক্ষা করিলে এইরূপ বলা যায়)। অর্থাৎ, কোন নির্দিষ্ট সময়ে ট্রেনটি সম্মুখের দিকে যতটা অগ্রসর হইবে মুদ্রাটিও ঐ সময়ের মধ্যে সম্মুখের দিকে ততটুকু দূরত্বই অগ্রসর হইবে। কিন্তু মুদ্রাটি কেবল সম্মুখের দিকেই যাইবে না, সেইসঙ্গে অভিকর্ষের প্রভাবে নিচের দিকেও নামিবে। লক্ষণীয় যে, ট্রেনের আরোহীর সাপেক্ষে মুদ্রাটির সম্মুখ-গতির মান শূন্য, কেননা উহাদের উভয়ের সম্মুখ-গতি সমান। সুতরাং,

ট্রেনের আরোহী মুদ্রাটিকে সোজাসুজি (উল্লম্বভাবে) নিচে পড়িতে দেখিবে। অর্থাৎ, আরোহীর সাপেক্ষে মুদ্রাটির সঞ্চারপথ একটি সরলরেখা।

(ii) কিন্তু রেল লাইনের পাশে ভূমিতে দণ্ডায়মান ব্যক্তির সাপেক্ষে মুদ্রাটি সঞ্চারপথ অধিবৃত্তাকার (parabolic), কেননা, ঐ ব্যক্তির সাপেক্ষে মুদ্রাটির দুইটি গতি বিদ্যমান—(i) সম্মুখ-গতি এবং (ii) নিম্নাভিমুখী গতি। এক্ষেত্রে মুদ্রাটির সঞ্চারপথ-যে অধিবৃত্তাকার তাহা সহজেই প্রমাণ করা যায়।

চিত্র 49

যে-বিন্দু (O) হইতে মুদ্রাটিকে ছাড়িয়া দেওয়া হইল তাহাকে মূলবিন্দু (origin) ধরিয়া একটি নির্দেশ-তন্ত্র কল্পনা করা হইল। ধরি, সম্মুখের দিকে x অক্ষটি এবং নিচের দিকে y-অক্ষটি প্রসারিত। মনে করি, O বিন্দু হইতে ছাড়িয়া দিবার t সময় পর মুদ্রাটি P অবস্থানে আসিয়াছে। P বিন্দুর স্থানাঙ্ক (x,y) হইলে লেখা যায় যে,

$$x = ut \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

$$\text{এবং } y = \tfrac{1}{2}gt^2 \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

এখানে, u=ট্রেনের গতিবেগ বা মুদ্রার অনুভূমিক গতিবেগ এবং g=অভিকর্ষজ ত্বরণ।

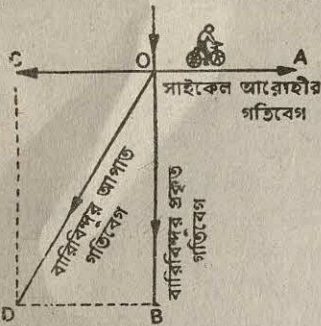
সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে t অপনয়ন (eliminate) করিয়া পাই,

$$x^2 = \frac{2u^2}{g} \cdot y \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

ইহা একটি অধিবৃত্তের সমীকরণ। ইহাই রেললাইনের পাশে ভূমিতে দণ্ডায়মান ব্যক্তির সাপেক্ষে মুদ্রাটির সঞ্চারপথ (চিত্র 49)।

18. এক্ষেত্রে সাইকেল-আরোহী এবং বারিবিন্দু—উভয়েই গতিশীল। সাইকেল-আরোহী অনুভূমিক রেখা বরাবর অগ্রসর হইতেছে এবং বারিবিন্দুগুলি উল্লম্বভাবে নিচে নামিয়া আসিতেছে। সাইকেল-আরোহী এবং বারিবিন্দুর উপর সাইকেল-আরোহীর গতিবেগের সমান এবং বিপরীতমুখী গতিবেগ আরোপ করা হইলে উহাদের আপেক্ষিক গতিবেগের কোনরূপ পরিবর্তন হইবে না। ইহাতে সাইকেল-আরোহী দুইটি সমান এবং বিপরীতমুখী গতিবেগ লাভ করে বলিয়া সে স্থির অবস্থায় আছে—এইরূপ কল্পনা করা যায়। কিন্তু এই সময় বারিবিন্দুর উপর দুইটি গতিবেগ ক্রিয়া করিতেছে বলিয়া ধরা যায়। এই দুই গতিবেগ (বারিবিন্দুর প্রকৃত গতিবেগ এবং সাইকেল-আরোহীর সমান ও বিপরীতমুখী গতিবেগ)-এর লব্ধিই সাইকেল-আরোহীর সাপেক্ষে বারিবিন্দুর গতিবেগ।

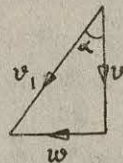
50 নং চিত্রে এই লব্ধি গতিবেগের অভিমুখ দেখান হইয়াছে।

OA ভেক্টরটি অনুভূমিক অভিমুখে সাইকেল-আরোহীর গতিবেগ এবং OB ভেক্টরটি উল্লম্ব অভিমুখে বারিবিন্দুর-গতিবেগ নির্দেশ করিতেছে। OA-ভেক্টরের সমান এবং বিপরীতমুখী ভেক্টর OC সাইকেল আরোহীর সমান এবং বিপরীতমুখী গতিবেগ নির্দেশ করিতেছে। সুতরাং, OB এবং OC গতিবেগ ভেক্টরদ্বয়ের লব্ধিই সাইকেল-আরোহীর সাপেক্ষে বারিবিন্দুর আপেক্ষিক গতিবেগ। OB এবং OC রেখাকে সন্নিহিত বাহু ধরিয়া OBDC সামান্তরিক অঙ্কন করা হইল। ভেক্টরের সামান্তরিক সূত্র অনুসারে এই সামান্তরিকের কর্ণ OD-ই সাইকেল-আরোহীর সাপেক্ষে বারিবিন্দুর আপেক্ষিক গতিবেগ নির্দেশ করিতেছে। সুতরাং, উল্লম্ব রেখা (OB) অভিমুখে পতনশীল বারিবিন্দুগুলিকে সাইকেল-আরোহী তির্যগ্‌ভাবে OD-অভিমুখে নিচে পড়িতে দেখিবে।

চিত্র 50

19. বায়ু প্রবাহিত হইতে থাকিলে বৃষ্টির জল দ্বারা পাত্রটির ভর্তি হইবার হারের কোনরূপ পরিবর্তন হইবে না। নিম্নে ইহার কারণ ব্যাখ্যা করা হইল।

যখন কোন বায়ুপ্রবাহ নাই তখন যে-বারিধারা উল্লম্বভাবে পাত্রে পড়িবে উহার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল পাত্রটির প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, s-এর সমান হইবে (চিত্র 51)। প্রতি সেকেণ্ডে পাত্রে মোট যে-পরিমাণ জল জমা হয় তাহার আয়তন

$$V = v \times s \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এখানে, v হইল বারিবিন্দুর গতিবেগ।

চিত্র 51

বায়ু বহিতে শুরু করিলে বারিবিন্দুগুলি তির্যগ্‌ভাবে নামিয়া আসিবে।

অনুভূমিক অভিমুখে বায়ুর গতিবেগ w হইলে বারিবিন্দুর লব্ধি গতিবেগ (v_1) বারিবিন্দুর উল্লম্ব গতিবেগ (v) এবং বায়ুর অনুভূমিক গতিবেগ w-এর ভেক্টর-যোগফলের সমান। ভেক্টরের ত্রিভুজ সূত্র হইতে এই লব্ধি গতিবেগের মান পাওয়া যায়। 51 (c) নং চিত্রে লব্ধি গতিবেগ v_1-এর অভিমুখ দেখান হইয়াছে। এই গতিবেগের অভিমুখ উল্লম্ব রেখার সহিত α-কোণে আনত। অর্থাৎ, এই সময় বারিবিন্দুগুলি তির্যগ্‌ভাবে আসিয়া পাত্রে প্রবেশ করে। 51 (b) নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে, এক্ষেত্রে যে-বারিধারা পাত্রে প্রবেশ করে উহার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল (s_1) পাত্রের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল s অপেক্ষা কম। স্পষ্টতই,

$$s_1 = s \cos \alpha \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

এই সময় প্রতি সেকেণ্ডে পাত্রে যে-পরিমাণ জল জমা হয় তাহার আয়তন,

$$V_1 = v_1 \times s_1 \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

51 (c) নং চিত্র হইতে লেখা যায়, $v_1 = \dfrac{v}{\cos \alpha}$ ... (iv)

সমীকরণ (ii) হইতে s_1-এর মান এবং সমীকরণ (iv) হইতে v_1-এর মান বসাইয়া সমীকরণ (iii) হইতে পাই,

$$V_1 = \frac{v}{\cos \alpha} \times s \cos \alpha = v \times s \quad \cdots \quad \text{(v)}$$

চিত্র 52

সমীকরণ (i) এবং (v) হইতে দেখা যাইতেছে যে, $V = V_1$

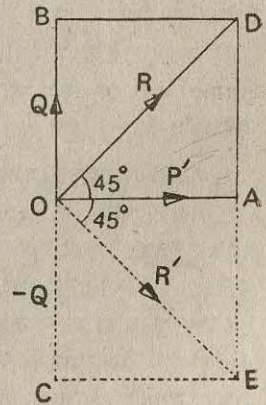
অর্থাৎ, উভয় ক্ষেত্রেই পাত্রে সঞ্চিত জলের পরিমাণ সমান।

20. দুইটি ভেক্টরের যোগফল নির্ণয় করিবার জন্য সমান্তরাল সূত্র প্রয়োগ করা যায়। দুইটি ভেক্টরের অন্তর নির্ণয়ের জন্য একটি ভেক্টরের সহিত অপর বলটির সমান ও বিপরীতমুখী বল যোগ করিতে হয়। 52 নং চিত্রে P এবং Q বলদ্বয়ের মান সমান এবং ইহারা পরস্পরের সহিত লম্বভাবে অবস্থিত। ইহাদিগকে যথাক্রমে OA এবং OB রেখাদ্বারা নির্দেশ করা হইয়াছে। OD রেখাটি উহাদের লব্ধি (R)। এখন, OA এবং AD রেখাদ্বয় সমান বলিয়া

$$\angle AOD = 45° \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

OC রেখাটি Q-এর সমান ও বিপরীতমুখী বলিয়া ইহা − Q বলকে সূচিত করে। কাজেই OA এবং OC রেখাদ্বয়কে সন্নিহিত বাহু ধরিয়া অঙ্কিত সামান্তরিকের কর্ণ OE-ই উক্ত বলদ্বয়ের অন্তর (R′)। এখন, OA এবং AE রেখাদ্বয় সমান বলিয়া

$$\angle AOE = 45° \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

ইহা ছাড়া, $OE = \sqrt{2}\, AO = OD$ ... (iii)

কাজেই, P এবং Q বলদ্বয়ের যোগফল R এবং অন্তরফল R′-এর মান পরস্পর সমান এবং ইহাদের মধ্যবর্তী কোণ, $\angle DOE = \angle AOD + \angle AOE$
$= 45^\circ + 45^\circ = 90^\circ$

অর্থাৎ, R এবং R′ পরস্পরের সহিত লম্বভাবে অবস্থিত।

21. নিউটনের প্রথম সূত্রটি সকল নির্দেশ ফ্রেমে প্রযোজ্য নয়। একটি দৃষ্টান্ত লইলে এই উক্তির তাৎপর্য স্পষ্ট হইবে। কোন ট্রেনের কামরার মেঝেতে অবস্থিত একটি বস্তুর কথা বিবেচনা করা যাক। মনে করি, কামরার মেঝে এবং বস্তুর মধ্যে কোন ঘর্ষণ ক্রিয়া করিতেছে না। এখন, হঠাৎ ট্রেনটির মন্দন হইলে বস্তুটি মেঝের উপর দিয়া সামনের দিকে আগাইয়া যায়। এক্ষেত্রে, ট্রেনের আরোহী দেখিবে যে, কোন বাস্তব বলের ক্রিয়াধীন না হইয়াই স্থির বস্তুটি চলিতে আরম্ভ করিল। স্পষ্টতই, ট্রেনের আরোহীর সাপেক্ষে প্রথম সূত্রটি লঙ্ঘিত হইতেছে। এই ঘটনার প্রচলিত ব্যাখ্যা হইল এই যে, ট্রেনটির মন্দন হইলেও বস্তুটি সরলরেখা বরাবর ইহার সমবেগ বজায় রাখিয়াছে ; ফলে উহা ট্রেনের মেঝের উপর দিয়া আগাইয়া গিয়াছে। ইহা হইতে আমরা এই সিদ্ধান্তে উপনীত হইতে পারি যে, স্থির রেললাইনের সহিত যুক্ত নির্দেশ ফ্রেমে নিউটনের সূত্রটি প্রযোজ্য, কিন্তু মন্দন বা ত্বরণ লইয়া চলমান ট্রেনের সহিত যুক্ত নির্দেশ ফ্রেমে নিউটনের প্রথম সূত্রটি প্রযোজ্য হইবে না। যে-সকল নির্দেশ ফ্রেমে নিউটনের প্রথম সূত্রটি প্রযোজ্য উহাদিগকে জড়ত্বীয় নির্দেশ ফ্রেম (inertial frame) এবং যে-সকল নির্দেশ ফ্রেমে নিউটনের প্রথম সূত্রটি প্রযোজ্য নয় উহাদিগকে অজড়ত্বীয় নির্দেশ ফ্রেম বলা হয়।

আমরা সাধারণত যে-সকল ঘটনা লইয়া আলোচনা করি সেই সকল ক্ষেত্রে পৃথিবীর সাপেক্ষে স্থির কোন বস্তুর সহিত বা পৃথিবীর সাপেক্ষে সমবেগে সরলরেখা বরাবর চলমান কোন বস্তুর সহিত যুক্ত নির্দেশ ফ্রেমকে জড়ত্বীয় নির্দেশ ফ্রেম ধরা হয়। আর, যে-সকল নির্দেশ ফ্রেম পৃথিবীর সাপেক্ষে ত্বরণ বা মন্দন লইয়া চলিতেছে (যেমন, ত্বরণ বা মন্দন লইয়া চলমান কোন লিফ্‌ট, কোন ঘূর্ণায়মান সংস্থা ইত্যাদি) সেইগুলিকে অজড়ত্বীয় নির্দেশ ফ্রেম বলা যায়। অজড়ত্বীয় নির্দেশ ফ্রেমে-যে কেবল প্রথম সূত্রটিই প্রযোজ্য হয় না তাহা নয়, এইরূপ নির্দেশ ফ্রেমে নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রটিও প্রযোজ্য নয় [কেননা, নিউটনের প্রথম সূত্রটি নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রেরই একটি বিশেষ ক্ষেত্র। অজড়ত্বীয় নির্দেশ ফ্রেমে নিউটনের সূত্র প্রয়োগ করিতে হইলে অলীক বল (pseudo-force or fictitious force)-এর অস্তিত্ব ধরিয়া লইতে হয়।]

22. নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র হইতে কোন বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল এবং উহার ত্বরণের নিম্নরূপ সম্পর্কটি পাওয়া যায়— $P = mf$ ... (i)

এখানে P = বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল, m = বস্তুটির ভর এবং f = বস্তুটির ত্বরণ। অর্থাৎ, বল = ভর × ত্বরণ।

এখন, P=0 হইলে লেখা যায়, $f=0$; কেননা $m \neq 0$। ইহার তাৎপর্য এই যে, কোন বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বলের মান শূন্য হইলে (অর্থাৎ, বস্তুর উপর কোন বল ক্রিয়া না করিলে) ঐ বস্তুর ত্বরণ শূন্য হইবে। নিউটনের প্রথম গতিসূত্রটি

ভাষান্তরে এই কথাই বলে। কাজেই বলা যায়, নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্রের মধ্যেই প্রথম গতিসূত্রটি নিহিত আছে।

23. নিউটনের প্রথম সূত্রে আমরা জড় পদার্থের একটা বিশেষ ধর্মের সহিত পরিচিত হই। জড় পদার্থের নিজস্ব কোন উদ্যোগ (initiative) নাই। স্থির অবস্থায় থাকিলে উহা চিরকাল স্থির অবস্থায় থাকিতে চায়। আবার সচল হইলে উহা চিরকাল সমবেগে সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চলিতে চায়। পদার্থের এই ধর্মকে উহার জাড্য (inertia) বলা হয়। স্থির বস্তুর চিরকাল স্থির থাকিবার প্রবণতাকে স্থিতিজাড্য (inertia of rest) এবং সচল বস্তুর সরলরৈখিক গতিবেগ বজায় রাখিবার প্রবণতাকে গতিজাড্য (inertia of motion) বলা হয়।

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র হইতে দেখান যায় যে, যে-বস্তুর ভর যত বেশি উহার জাড্যও তত বেশি। মনে করি, একই বল F দুইটি ভিন্ন ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করিতেছে। ইহাদের একটির ভর m_1 এবং অপরটির ভর m_2। দ্বিতীয় সূত্র হইতে লেখা যায় যে,

$$F = m_1 f_1 \quad \cdots \quad (i)$$

$$\text{এবং } F = m_2 f_2 \quad \cdots \quad (ii)$$

এখানে f_1=প্রথম বস্তুর ত্বরণ এবং f_2=দ্বিতীয় বস্তুর ত্বরণ

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $m_1 f_1 = m_2 f_2$

$$\text{বা, } \frac{f_1}{f_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad \text{বা, } \quad f \propto \frac{1}{m} \quad \cdots \quad (iii)$$

অর্থাৎ, বিভিন্ন বস্তুর উপর একই বল ক্রিয়া করিলে কোন বস্তুর ত্বরণ উহার ভরের ব্যস্তানুপাতিক। বস্তুর ভর যত বেশি হয় নির্দিষ্ট বলের প্রভাবে উহার গতিবেগের পরিবর্তনের হার তত কম হয়। যে-বস্তুর গতিবেগের পরিবর্তন করা যত কষ্টসাধ্য উহার জাড্য তত বেশি। কাজেই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, যে-বস্তুর ভর যত বেশি উহার জাড্যও তত বেশি। সুতরাং, ভরকেই কোন বস্তুর জাড্যের পরিমাপ বলিয়া ধরা যায়।

24. স্থির রিক্সাকে গতিশীল করিবার জন্য এবং মন্থর রিক্সাকে দ্রুতগামী করিবার জন্য উহার উপর বল প্রয়োগ করিতে হয়। কাজেই, চলিতে শুরু করিবার সময় স্থির রিক্সায় গতি সঞ্চারিত করার জন্য এবং চলিতে আরম্ভ করিবার পর মন্থর গতিতে ধাবমান রিক্সাকে দ্রুততর গতি সঞ্চারিত করিবার জন্য রিক্সার উপর বল প্রয়োগ করিতে হয়। এই সময় রিক্সাওয়ালাকে কেবল চাকার ঘর্ষণ-বল অতিক্রম করিলেই চলে না, রিক্সায় ত্বরণ সৃষ্টি করিবার জন্যও অতিরিক্ত বল প্রয়োগ করিতে হয়।

প্রযুক্ত বলের প্রভাবে ধীরে ধীরে রিক্সার দ্রুতি বাড়িলে গতিজাড্যের জন্য রিক্সা উহার লব্ধ গতিবেগ বজায় রাখিতে চাহিবে। এই সময় কেবলমাত্র ঘর্ষণ-জনিত বাধা অতিক্রম করিবার জন্য প্রয়োজনীয় বল প্রয়োগ করিয়াই রিক্সাচালক রিক্সা লইয়া দ্রুতগতিতে আগাইয়া যাইতে থাকে।

25. D তারে আকস্মিক ক্ষণস্থায়ী টান প্রয়োগ করিলে ইহার প্রভাব C

তারের নিচে যুক্ত ব্লকটির ভরবেগের তেমন পরিবর্তন হয় না, ব্লকটি স্থিতিজাড্যের দরুন কার্যত একই অবস্থানে থাকিয়া যায় বলিয়া C তারটির দৈর্ঘ্য খুব বেশি প্রসারিত হইতে পারে না। অর্থাৎ, C তারের উপর ক্রিয়াশীল টান উহার সহনসীমা অতিক্রম করে না। D তারে আকস্মিক ক্ষণস্থায়ী বল ঐ তারের সহনসীমা অপেক্ষা বেশি হইলে ইহার প্রভাবে D তারটি ছিঁড়িয়া গেলেও ব্লকটির স্থিতিজাড্যের জন্য C তারে উহার প্রভাব পরিলক্ষিত হয় না।

কিন্তু D তারকে স্থিরভাবে টানিতে থাকিলে D তারের টান (tension) অপেক্ষা C তারের টান (tension) বেশি হইবে, কেননা C তারের উপর M ভর-বিশিষ্ট ব্লকটির ওজনও ক্রিয়া করিবে। কাজেই, এক্ষেত্রে D তারটি না ছিঁড়িয়া C তারটি ছিঁড়িয়া যাইবে।

26. কোন অ্যাথ্লিট লং জাম্প দিবার পূর্বে কিছুটা দূর হইতে দৌড়াইয়া আসে। ইহাতে অ্যাথ্লিট লাফাইয়া অপেক্ষাকৃত বেশি দূরে যাইতে পারে। নিউটনের প্রথম সূত্র হইতে আমরা জানি যে, সচল বস্তু গতিজাড্যের জন্য সরলরেখা বরাবর সমবেগ বজায় রাখিতে চাহে। কাজেই, ছুটন্ত অবস্থায় অ্যাথ্লিটের দেহ গতিজাড্যের জন্য সম্মুখ-গতি বজায় রাখে। এই সম্মুখ-গতি অ্যাথ্লিটকে সম্মুখের দিকে আগাইয়া দেয়, ফলে অ্যাথ্লিট বেশি দূরে আগাইয়া যাইতে পারে। স্থির অবস্থা হইতে লাফ দিলে গতিজাড্য-জনিত সুবিধা লাভ করে না বলিয়া অ্যাথ্লিট লাফাইয়া অপেক্ষাকৃত কম দূরত্ব অতিক্রম করিতে পারে।

27. নিউটনের প্রথম সূত্রানুসারে, বাহির হইতে প্রযুক্ত বল দ্বারা বাধ্য না হইলে স্থির বস্তু চিরকাল স্থির অবস্থায় এবং সচল বস্তু চিরকাল সমবেগে সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চলিতে থাকিবে। দ্বিতীয় সূত্রানুসারে, কোন বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার উহার উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যে-দিকে ক্রিয়া করে ভরবেগের পরিবর্তনও সেই দিকে ঘটে। উক্ত সূত্র দুইটি কোন বস্তুর উপর বলের ক্রিয়া-সম্পর্কিত। এখানে অপর কোন বস্তুর উল্লেখ নাই।

কিন্তু তৃতীয় সূত্রটি দুইটি বস্তুর পারস্পরিক ক্রিয়া-সম্পর্কিত। এই সূত্রানুসারে, দুইটি বস্তুর পারস্পরিক ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া একে অন্যের সমান ও বিপরীতমুখী। উক্ত ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল দুইটি ভিন্ন ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। অর্থাৎ, তৃতীয় সূত্রটিতে কেবলমাত্র একটি বলাধীন বস্তুই নয়, অপর একটি বস্তুরও উল্লেখ থাকে।

28. নিউটনের তৃতীয় সূত্র অনুসারে, কেবলমাত্র ঘোড়া এবং গাড়ির পারস্পরিক ক্রিয়ায় এই সংস্থার গতি সঞ্চারিত হইতে পারে না। প্রকৃতপক্ষে ঘোড়া ও গাড়ির পারস্পরিক টানই উহাদের উপর ক্রিয়াশীল একমাত্র বল নয়। এই সংস্থার উপর বাহ্যিক বল ক্রিয়া করে বলিয়াই ঘোড়া ও গাড়ি স্থির অবস্থা হইতে গতিশীল হয় এবং গতিশীল অবস্থায় ত্বরণ লাভ করে।

ঘোড়ার গাড়ির গতি ব্যাখ্যা করিতে হইলে প্রথমে দেখা দরকার ঘোড়া ও গাড়ির উপর কী কী বল ক্রিয়া করিতেছে (চিত্র 53)। গাড়ির উপর দুইটি বল ক্রিয়াশীল

—(a) গাড়ির সহিত যুক্ত দড়ির টান T, ইহা গাড়িকে সম্মুখের দিকে টানিতেছে, (b) গাড়ির চাকার ঘর্ষণ, F।

এইবার, ঘোড়ার উপর ক্রিয়াশীল বলগুলি বিবেচনা করা যাক। (a) ঘোড়া ক্ষুর দিয়া তির্যক-ভাবে ভূমিতে আঘাত করে। ইহাতে ভূমি ঘোড়ার উপর প্রতিক্রিয়া বল R প্রয়োগ করে। ইহার অনুভূমিক উপাংশ (H) ঘোড়াকে সম্মুখের দিকে আগাইয়া দেয়। (b) গাড়ির সহিত যুক্ত দড়ির টান T, ইহা ঘোড়াকে পিছনের দিকে টানে।

চিত্র 53

গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল বল দুইটি বিচার করিয়া লেখা যায় যে, যদি F অপেক্ষা T-এর মান বেশি হয় তাহা হইলে উহার ত্বরণ সৃষ্টি হইবে। মনে করি, ঘোড়া ও গাড়ির সাধারণ ত্বরণ f।

গাড়ির ভর m_1 হইলে ইহার গতি বিবেচনা করিয়া নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে লেখা যায়, $$T-F=m_1 f \quad \cdots \quad (i)$$

ঘোড়ার ভর m_2 হইলে ইহার গতি বিবেচনা করিয়া নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে পাই, $$H-T=m_2 f \quad \cdots \quad (ii)$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে দড়ির টান T-এর অপনয়ন করিয়া পাই,

$$H-F=(m_1+m_2) f \quad \text{বা}, f=\frac{H-F}{(m_1+m_2)}$$

ইহাই ঘোড়া ও গাড়ির সাধারণ ত্বরণ। লক্ষণীয় যে, H=F হইলে, অর্থাৎ ভূমির প্রতিক্রিয়ার অনুভূমিক উপাংশ গাড়ির চাকার উপর ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-বল F-এর সমান হয় তখন ঘোড়া ও গাড়ির ত্বরণ শূন্য হয়। এই সময় ঘোড়া ও গাড়ি সমবেগে চলে।

29. জানালার কাচের কোন অংশে একটি দ্রুতগামী বুলেট আসিয়া আঘাত করিলে কাচের ঐ অংশ বুলেটের সহিত অতি দ্রুত সম্মুখের দিকে ধাবিত হয়; কাচের ঐ অংশ হইতে সংঘাত-জনিত ঘাতের বা বুলেটের ভরবেগের ক্রিয়া চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়িতে পারে না। জানালার অন্যান্য অংশ স্থিতিজাড্যের জন্য পূর্বাবস্থানেই থাকিয়া যায়, কেবল যে-স্থানে বুলেটটি আসিয়া আঘাত করে কাচের সেই অংশ বুলেটের সংঘাতে গতিবেগ লাভ করিয়া আগাইয়া যায়। ইহাতে কাচের জানালায় একটি ছিদ্র তৈয়ারী হয়। কিন্তু কাচের জানালায় একটি ঢিল ছুঁড়িয়া মারিলে কাচের যে-অংশে ঢিলটি আসিয়া আঘাত করে আলোচ্য সংঘাত-জনিত বলের ক্রিয়া সেই অংশ হইতে চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়িবার অবকাশ পায়, কেননা ঢিলের গতিবেগ বুলেটের গতিবেগ অপেক্ষা অনেক কম। ইহার ফলে কাচের জানালা ভাঙিয়া যায়।

30. উলের কোটে যে ধূলিকণা জমে উহারা উলের তন্তুগুলির ফাঁকে ফাঁকে আল্‌গাভাবে লাগিয়া থাকে। মলিন কোটকে ছড়ি দ্বারা আঘাত করিলে কোটটি গতিশীল হইয়া সরিয়া যায়, কিন্তু উহাতে বিদ্যমান ধূলিকণাগুলি স্থিতিজাড্যের জন্য পূর্বাবস্থায় থাকিতে চাহে। উহাতে কোট হইতে ধূলিকণা পৃথক হইয়া যায়।

31. চলন্ত ট্রামের আরোহীর দেহ গতিজাড্যের জন্য আপন সম্মুখ গতি বজায় রাখে। আরোহী ট্রাম হইতে নামিয়া আসিলে তাহার পা ভূমি স্পর্শ করিয়া স্থির হয়, কিন্তু তাহার দেহের ঊর্ধ্বাংশ উহার পূর্বের গতি বজায় রাখিতে চায়। ফলে আরোহী সম্মুখের দিকে হুমড়ি খাইয়া পড়ে। সতর্ক আরোহী নামিবার সময় শরীরকে পিছন দিকে কিছুটা কাত করিয়া দেয়, কিংবা নামিয়া সম্মুখদিকে কিছুটা ছুটিয়া যায়। ইহাতে তাহার হুমড়ি খাইবার সম্ভাবনা থাকে না।

32. (i) কোন রাস্তার উপর দিয়া একটি গাড়িকে সমবেগে চালাইতে হইলে ইঞ্জিন-কর্তৃক গাড়ির উপর একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বল প্রয়োগ করিতে হয়। (ii) কোন বস্তুকে উল্লম্ব রেখা বরাবর সমবেগে উপরে তুলিতে হইলে কিংবা নিচে নামাইতে হইলে বস্তুটির উপর উহার ওজনের সমান ঊর্ধ্বাভিমুখী বল প্রয়োগ করিতে হয়।

উপরি-উক্ত দুই ক্ষেত্রে আপাতদৃষ্টিতে মনে হইতেছে যে, বস্তুর উপর লব্ধি বল ক্রিয়া করা সত্ত্বেও উহাদের কোন ত্বরণ সৃষ্টি হইতেছে না। কিন্তু একটু চিন্তা করিলেই বুঝা যাইবে যে, প্রকৃতপক্ষে তাহা নহে। যখন কোন গাড়ি সমবেগে চলিতে থাকে তখন উহার গতির বিরুদ্ধে ঘর্ষণ-বল ক্রিয়া করে। ইঞ্জিন ঘর্ষণ-বলের সমান সম্মুখ-বল প্রয়োগ করিলে গাড়ির ত্বরণ শূন্য হয়। অর্থাৎ, এই সময় গাড়ি সমবেগে চলিতে থাকে। এ ক্ষেত্রে গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-বল এবং ইঞ্জিন-কর্তৃক প্রযুক্ত বলের লব্ধি শূন্য। যখন কোন বস্তু উল্লম্ব রেখা বরাবর সমবেগে উপরে উঠিতে থাকে বা নিচে নামিতে থাকে তখন ইহার উপর যে-ঊর্ধ্বাভিমুখী বল প্রয়োগ করিতে হয় উহা বস্তুর ওজনকে প্রতিমিত করে বলিয়া এই সময় বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বলের মান শূন্য। প্রকৃতপক্ষে, সমবেগে চলমান বস্তুর উপর কখনই কোন অসম বল ক্রিয়াশীল থাকিতে পারে না।

33. মোটরগাড়ি, বাস ট্রাম ইত্যাদি যান-এ চালক ব্রেক কষিলে ব্রেক চাকার ঘূর্ণনের বিপরীত দিকে একটি ভ্রামক সৃষ্টি করে। এই ভ্রামকের প্রভাবে চাকার ঘূর্ণন মন্দীভূত হইতে চাহে। কিন্তু গাড়ির চলন-গতির দ্রুতি না কমিয়া যদি চাকার ঘূর্ণন-গতি মন্দীভূত হয় তাহা হইলে চাকা ভূমির উপর দিয়া পিছ্‌লাইয়া যাইতে চাহে। এইরূপ হইলে ভূমি গাড়ির চাকার উপর ঘর্ষণ-বল প্রয়োগ করে যাহাতে গাড়িটি ভূমির উপর দিয়া পিছ্‌লাইয়া না যায়। অর্থাৎ, ঘর্ষণ-বল গাড়ির গতির বিপরীত-দিকে ক্রিয়া করে। এই বলই গাড়ির দ্রুতি কমায় এবং শেষ পর্যন্ত গাড়িকে স্থির অবস্থায় আনে। সুতরাং, ভূমির ঘর্ষণ-জনিত বাধাই সেই বাহ্যিক বল যাহা সচল গাড়িকে স্থির অবস্থায় আনে।

34. ট্রেনের বিভিন্ন বগির সংযোগগুলি যদি আল্‌গা না হইয়া টান-টান অবস্থায়

থাকে তাহা হইলে যাত্রী-বোঝাই বা মাল-বোঝাই ভারী ট্রেনটিকে সচল করা কঠিন হইয়া পড়ে। এই অবস্থায় গাড়িকে সচল করিতে হইলে ইঞ্জিনকে এইরূপ বল প্রয়োগ করিতে হইবে যাহাতে সমগ্র গাড়িটিতে একই সঙ্গে ত্বরণ সৃষ্টি হয়। ইঞ্জিন এই প্রচণ্ড বলের যোগান দিতে না পারিলে গাড়িটি চলিবে না। এই অবস্থায় গাড়িটিকে প্রথমে কিছুটা পিছনে ঠেলিয়া দিলে উহাকে সম্মুখের দিকে গতিশীল করিতে সুবিধা হয়। ইঞ্জিনের সাহায্যে ট্রেনটিকে কিছুটা পিছনে ঠেলিয়া দিলে বিভিন্ন বগির মধ্যবর্তী সংযোগগুলি আল্‌গা হইয়া যায়। এই অবস্থায় ইঞ্জিন চালু করিলে প্রথমে ট্রেনের সামনের অংশ গতিশীল হয়। ইহার পর পিছনের বগিগুলিতেও গতি সঞ্চারিত হয়।

35. কোন বস্তুর উপর পরস্পর সমান ও বিপরীতমুখী দুইটি বল ক্রিয়া করিলে বস্তুটি সাম্যে থাকে। বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করিলে যে-প্রতিক্রিয়া বলের উদ্ভব হয়, নিউটনের তৃতীয় গতি সূত্রানুসারে সেই প্রতিক্রিয়া বল যদি ক্রিয়ার সমান ও বিপরীতমুখী হয় তবে বলের প্রয়োগে ত্বরণ সৃষ্টি হয় কীরূপে? তৃতীয় গতিসূত্রের তাৎপর্য স্পষ্ট হইলে সহজেই এই প্রশ্নের মীমাংসা করা যায়। একই বস্তুকণার উপর ক্রিয়াশীল দুইটি সমান এবং বিপরীতমুখী বল পরস্পরকে প্রতিমিত করে। কিন্তু ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া একই বস্তুর উপর ক্রিয়া করে না। A-বস্তুটি যখন B-বস্তুর উপর F বল প্রয়োগ করে, তখন B-বস্তুটি A-বস্তুর উপর $-F$ বল প্রয়োগ করে। ক্রিয়া-বল (F) B বস্তুর উপর এবং প্রতিক্রিয়া-বল ($-F$) A-বস্তুর উপর ক্রিয়া করে বলিয়া ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া পরস্পরের ক্রিয়া নাকচ করিতে পারে না। এইজন্যই দুই বস্তুর পারস্পরিক ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার ফলে উভয় বস্তুতেই ত্বরণ সৃষ্টি হইতে পারে।

36. কোন গাড়ির মধ্যে অবস্থিত আরোহীরা ঐ গাড়ির উপর বল প্রয়োগ করিলে গাড়িও আরোহীদের উপর বল প্রয়োগ করিবে। এই দুই আভ্যন্তরীণ ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া বলের প্রভাবে গাড়ি এবং আরোহীদের মিলিত সংস্থার মোট ভরবেগের কোন পরিবর্তন হইতে পারে না। সুতরাং, গাড়ির আরোহীরা গাড়িটির মধ্যে বসিয়া উহাকে ঠেলিয়া উহাকে সচল করিতে পারে না।

37. যখন দুই ব্যক্তি একটি দড়ির দুই প্রান্ত ধরিয়া উভয়ে F বলে বিপরীত দিকে টানে, তখন দড়ির উপর F টান ক্রিয়া করে। যখন এক প্রান্ত একটি দৃঢ় অবলম্বনের সহিত বাঁধিয়া এক ব্যক্তি দড়ির অপর প্রান্তে 2F বল প্রয়োগ করে তখন দড়ির মাধ্যমে এই বল দৃঢ় অবলম্বনের উপর ক্রিয়া করে। এই বলের বিপরীত প্রতিক্রিয়া দড়ির উপর ক্রিয়া করে। সুতরাং, এক্ষেত্রে দড়ির দুই প্রান্তেই 2F মানের বল ক্রিয়াশীল এবং এই দুই বল বিপরীতমুখী। সুতরাং, এক্ষেত্রে দড়ির টান 2F-এর সমান। কাজেই, দ্বিতীয় ক্ষেত্রেই দড়ির টান বেশি হইবে।

38. স্প্রিং-তুলাটি ফস্‌কাইয়া গেলে স্প্রিং-তুলা এবং উহা হইতে ঝুলান 100 gm ভরের বস্তুটি অভিকর্ষজ ত্বরণে নিচে পড়িতে থাকিবে। এই সময় বস্তুটি কার্যত ভারশূন্য অবস্থায় থাকে বলিয়া স্প্রিং-তুলার পাঠ শূন্য হইবে।

30. উলের কোটে যে ধূলিকণা জমে উহারা উলের তন্তুগুলির ফাঁকে ফাঁকে আলগাভাবে লাগিয়া থাকে। মলিন কোটকে ছড়ি দ্বারা আঘাত করিলে কোটটি গতিশীল হইয়া সরিয়া যায়, কিন্তু উহাতে বিদ্যমান ধূলিকণাগুলি স্থিতিজাড্যের জন্য পূর্বাবস্থায় থাকিতে চাহে। উহাতে কোট হইতে ধূলিকণা পৃথক হইয়া যায়।

31. চলন্ত ট্রামের আরোহীর দেহ গতিজাড্যের জন্য আপন সম্মুখ গতি বজায় রাখে। আরোহী ট্রাম হইতে নামিয়া আসিলে তাহার পা ভূমি স্পর্শ করিয়া স্থির হয়, কিন্তু তাহার দেহের ঊর্ধ্বাংশ উহার পূর্বের গতি বজায় রাখিতে চায়। ফলে আরোহী সম্মুখের দিকে হুমড়ি খাইয়া পড়ে। সতর্ক আরোহী নামিবার সময় শরীরকে পিছন দিকে কিছুটা কাত করিয়া দেয়, কিংবা নামিয়া সম্মুখদিকে কিছুটা ছুটিয়া যায়। ইহাতে তাহার হুমড়ি খাইবার সম্ভাবনা থাকে না।

32. (i) কোন রাস্তার উপর দিয়া একটি গাড়িকে সমবেগে চালাইতে হইলে ইঞ্জিন-কর্তৃক গাড়ির উপর একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বল প্রয়োগ করিতে হয়। (ii) কোন বস্তুকে উল্লম্ব রেখা বরাবর সমবেগে উপরে তুলিতে হইলে কিংবা নিচে নামাইতে হইলে বস্তুটির উপর উহার ওজনের সমান ঊর্ধ্বাভিমুখী বল প্রয়োগ করিতে হয়।

উপরি-উক্ত দুই ক্ষেত্রে আপাতদৃষ্টিতে মনে হইতেছে যে, বস্তুর উপর লব্ধি বল ক্রিয়া করা সত্ত্বেও উহাদের কোন ত্বরণ সৃষ্টি হইতেছে না। কিন্তু একটু চিন্তা করিলেই বুঝা যাইবে যে, প্রকৃতপক্ষে তাহা নহে। যখন কোন গাড়ি সমবেগে চলিতে থাকে তখন উহার গতির বিরুদ্ধে ঘর্ষণ-বল ক্রিয়া করে। ইঞ্জিন ঘর্ষণ-বলের সমান সম্মুখ-বল প্রয়োগ করিলে গাড়ির ত্বরণ শূন্য হয়। অর্থাৎ, এই সময় গাড়ি সমবেগে চলিতে থাকে। এ ক্ষেত্রে গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-বল এবং ইঞ্জিন-কর্তৃক প্রযুক্ত বলের লব্ধি শূন্য। যখন কোন বস্তু উল্লম্ব রেখা বরাবর সমবেগে উপরে উঠিতে থাকে বা নিচে নামিতে থাকে তখন ইহার উপর যে-ঊর্ধ্বাভিমুখী বল প্রয়োগ করিতে হয় উহা বস্তুর ওজনকে প্রতিমিত করে বলিয়া এই সময় বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বলের মান শূন্য। প্রকৃতপক্ষে, সমবেগে চলমান বস্তুর উপর কখনই কোন অসম বল ক্রিয়াশীল থাকিতে পারে না।

33. মোটরগাড়ি, বাস ট্রাম ইত্যাদি যান-এ চালক ব্রেক কষিলে ব্রেক চাকার ঘূর্ণনের বিপরীত দিকে একটি ভ্রামক সৃষ্টি করে। এই ভ্রামকের প্রভাবে চাকার ঘূর্ণন মন্দীভূত হইতে চাহে। কিন্তু গাড়ির চলন-গতির দ্যুতি না কমিয়া যদি চাকার ঘূর্ণন-গতি মন্দীভূত হয় তাহা হইলে চাকা ভূমির উপর দিয়া পিছ্‌লাইয়া যাইতে চাহে। এইরূপ হইলে ভূমি গাড়ির চাকার উপর ঘর্ষণ-বল প্রয়োগ করে যাহাতে গাড়িটি ভূমির উপর দিয়া পিছ্‌লাইয়া না যায়। অর্থাৎ, ঘর্ষণ-বল গাড়ির গতির বিপরীত-দিকে ক্রিয়া করে। এই বলই গাড়ির দ্যুতি কমায় এবং শেষ পর্যন্ত গাড়িকে স্থির অবস্থায় আনে। সুতরাং, ভূমির ঘর্ষণ-জনিত বাধাই সেই বাহ্যিক বল যাহা সচল গাড়িকে স্থির অবস্থায় আনে।

34. ট্রেনের বিভিন্ন বগির সংযোগগুলি যদি আলগা না হইয়া টান-টান অবস্থায়

থাকে তাহা হইলে যাত্রী-বোঝাই বা মাল-বোঝাই ভারী ট্রেনটিকে সচল করা কঠিন হইয়া পড়ে। এই অবস্থায় গাড়িকে সচল করিতে হইলে ইঞ্জিনকে এইরূপ বল প্রয়োগ করিতে হইবে যাহাতে সমগ্র গাড়িটিতে একই সঙ্গে ত্বরণ সৃষ্টি হয়। ইঞ্জিন এই প্রচণ্ড বলের যোগান দিতে না পারিলে গাড়িটি চলিবে না। এই অবস্থায় গাড়িটিকে প্রথমে কিছুটা পিছনে ঠেলিয়া দিলে উহাকে সম্মুখের দিকে গতিশীল করিতে সুবিধা হয়। ইঞ্জিনের সাহায্যে ট্রেনটিকে কিছুটা পিছনে ঠেলিয়া দিলে বিভিন্ন বগির মধ্যবর্তী সংযোগগুলি আল্‌গা হইয়া যায়। এই অবস্থায় ইঞ্জিন চালু করিলে প্রথমে ট্রেনের সামনের অংশ গতিশীল হয়। ইহার পর পিছনের বগিগুলিতেও গতি সঞ্চারিত হয়।

35. কোন বস্তুর উপর পরস্পর সমান ও বিপরীতমুখী দুইটি বল ক্রিয়া করিলে বস্তুটি সাম্যে থাকে। বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করিলে যে-প্রতিক্রিয়া বলের উদ্ভব হয়, নিউটনের তৃতীয় গতি সূত্রানুসারে সেই প্রতিক্রিয়া বল যদি ক্রিয়ার সমান ও বিপরীতমুখী হয় তবে বলের প্রয়োগে ত্বরণ সৃষ্টি হয় কীরূপে ? তৃতীয় গতিসূত্রের তাৎপর্য স্পষ্ট হইলে সহজেই এই প্রশ্নের মীমাংসা করা যায়। একই বস্তুকণার উপর ক্রিয়াশীল দুইটি সমান এবং বিপরীতমুখী বল পরস্পরকে প্রতিমিত করে। কিন্তু ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া একই বস্তুর উপর ক্রিয়া করে না। A-বস্তুটি যখন B-বস্তুর উপর F বল প্রয়োগ করে, তখন B-বস্তুটি A-বস্তুর উপর $-F$ বল প্রয়োগ করে। ক্রিয়া-বল (F) B বস্তুর উপর এবং প্রতিক্রিয়া-বল ($-F$) A-বস্তুর উপর ক্রিয়া করে বলিয়া ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া পরস্পরের ক্রিয়া নাকচ করিতে পারে না। এইজন্যই দুই বস্তুর পারস্পরিক ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার ফলে উভয় বস্তুতেই ত্বরণ সৃষ্টি হইতে পারে।

36. কোন গাড়ির মধ্যে অবস্থিত আরোহীরা ঐ গাড়ির উপর বল প্রয়োগ করিলে গাড়িও আরোহীদের উপর বল প্রয়োগ করিবে। এই দুই আভ্যন্তরীণ ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া বলের প্রভাবে গাড়ি এবং আরোহীদের মিলিত সংস্থার মোট ভরবেগের কোন পরিবর্তন হইতে পারে না। সুতরাং, গাড়ির আরোহীরা গাড়িটির মধ্যে বসিয়া উহাকে ঠেলিয়া উহাকে সচল করিতে পারে না।

37. যখন দুই ব্যক্তি একটি দড়ির দুই প্রান্ত ধরিয়া উভয়ে F বলে বিপরীত দিকে টানে, তখন দড়ির উপর F টান ক্রিয়া করে। যখন এক প্রান্ত একটি দৃঢ় অবলম্বনের সহিত বাঁধিয়া এক ব্যক্তি দড়ির অপর প্রান্তে 2F বল প্রয়োগ করে তখন দড়ির মাধ্যমে এই বল দৃঢ় অবলম্বনের উপর ক্রিয়া করে। এই বলের বিপরীত প্রতিক্রিয়া দড়ির উপর ক্রিয়া করে। সুতরাং, এক্ষেত্রে দড়ির দুই প্রান্তেই 2F মানের বল ক্রিয়াশীল এবং এই দুই বল বিপরীতমুখী। সুতরাং, এক্ষেত্রে দড়ির টান 2F-এর সমান। কাজেই, দ্বিতীয় ক্ষেত্রেই দড়ির টান বেশি হইবে।

38. স্প্রিং-তুলাটি ফস্‌কাইয়া গেলে স্প্রিং-তুলা এবং উহা হইতে ঝুলান 100 gm ভরের বস্তুটি অভিকর্ষজ ত্বরণে নিচে পড়িতে থাকিবে। এই সময় বস্তুটি কার্যত ভারশূন্য অবস্থায় থাকে বলিয়া স্প্রিং-তুলার পাঠ শূন্য হইবে।

● দ্রষ্টব্য ঃ লক্ষণীয় যে, বালকটির হাত হইতে স্প্রিং-তুলাটি ফস্‌কাইয়া যাইবার পূর্বে উহা হইতে ঝুলান বস্তুর প্রভাবে স্প্রিংটি যদি প্রসারিত হয় তাহা হইলে পড়িবার সময় স্থিতিস্থাপকতার প্রভাবে উহা আন্দোলিত হইতে থাকিবে। এই সময় স্প্রিং-তুলার পাঠ পরিবর্তনশীল হইবে তবে গড় পাঠ এক্ষেত্রেও শূন্য হইবে। যথেষ্ট উচ্চতা হইতে পড়িতেছে ধরিয়া লইলে এই আন্দোলন কিছুক্ষণ পর থামিয়া যাইবে এবং পড়ন্ত স্প্রিং-তুলার পাঠ শূন্যে আসিয়া স্থির হইবে।

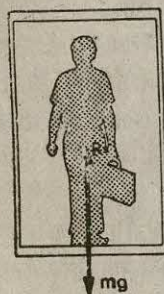
39. বন্দুকের বাটকে দৃঢ়ভাবে কাঁধে স্থাপন করিয়া গুলি ছুড়িলে বুলেটের উপর ক্রিয়াশীল বলের প্রতিক্রিয়া বন্দুক ও ব্যক্তির উপর ক্রিয়া করে, কেননা এক্ষেত্রে ইহারা কার্যত একটি যুগ্ম-বস্তু গঠন করে। এই সময় বন্দুক ও ব্যক্তির দেহের প্রতিক্রিয়া বেগ (velocity of recoil) $V_1 = \frac{m\,v}{M+W}$ ... (i)

এখানে, m=বুলেটের ভর, v=বুলেটের গতিবেগ,
M=বন্দুকের ভর এবং W=ব্যক্তির ভর।

বন্দুকের বাটটি আলগাভাবে কাঁধের উপর স্থাপন করিয়া গুলি ছুঁড়িলে বুলেটের উপর ক্রিয়াশীল বলের প্রতিক্রিয়া কেবলমাত্র বন্দুকের উপর ক্রিয়া করে। ইহাতে বন্দুকের প্রতিক্রিয়া বেগ হইবে $V_2 = \frac{m\,v}{M}$ ... (ii)

স্পষ্টতই $V_2 \gg V_1$ (সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে); V_1 অপেক্ষা বেশি বলিয়া ব্যক্তির উপর প্রতিক্রিয়া-জনিত ধাক্কা দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বেশি হইবে।

চিত্র 54

40. মনে করি, লিফ্‌টটি f ত্বরণ লইয়া উপরের দিকে উঠিতেছে (চিত্র 54)। কাজেই, লিফ্‌টটি আরোহীর উপর একটি ঊর্ধ্বমুখী বলপ্রয়োগ করিতেছে। মনে করি, ইহার মান R। আরোহীর ভর m হইলে তাহার উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ বল$=mg$। এই বল নিম্নাভিমুখী ক্রিয়াশীল। আরোহী f ত্বরণ লইয়া ঊর্ধ্বাভিমুখে উঠিতেছে বলিয়া $R > mg$ হইবে।

আরোহীর উপর ঊর্ধ্বাভিমুখে যে-অপ্রতিমিত বল ক্রিয়া করিতেছে উহার মান স্পষ্টতই

$P = R - mg$ ... (i)

এই বলের ক্রিয়ায় আরোহী f ত্বরণ লইয়া উল্লম্বভাবে ঊর্ধ্বমুখে উঠিতেছে বলিয়া লেখা যায় যে, $P = mf$ ... (ii)

(i) এবং (ii) হইতে পাই, $R - mg = mf$

বা, $R = m(g+f)$ ... (iii)

অর্থাৎ, লিফ্‌ট আরোহীর উপর $m\,(g+f)$ বল প্রয়োগ করিতেছে। নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে, আরোহীও লিফ্‌টের ভূমিতে নিম্নাভিমুখী $m\,(g+f)$ বল প্রয়োগ

করে। স্বাভাবিক অবস্থায় (লিফ্‌ট যখন স্থির অবস্থায় থাকে) m ভরের কোন ব্যক্তি দণ্ডায়মান অবস্থায় ভূমিতে mg বল প্রয়োগ করে। ইহা ব্যক্তির ওজনের সমান। কাজেই, f ত্বরণ লইয়া ঊর্ধ্বমুখে ধাবমান লিফ্‌টের আরোহীর মনে হয় যে, ওজন mg হইতে বাড়িয়া $m(g+f)$ হইয়াছে।

● দ্রষ্টব্য : লিফ্‌টে করিয়া উঠিবার সময় আরোহীর ওজনের এই আপাতবৃদ্ধি অলীক বল (pseudo-force)-এর ক্রিয়ারূপেও ব্যাখ্যা করা যায়। আমরা জানি যে, ত্বরিত নির্দেশ ফ্রেমের ত্বরণের বিপরীত দিকে একটি অলীক বল ক্রিয়া করে। নির্দেশ ফ্রেমের ত্বরণ a হইলে ঐ নির্দেশ ফ্রেমের অন্তর্গত m ভরবিশিষ্ট বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল অলীক বল $=-ma$.

সুতরাং, কোন লিফ্‌ট যখন f ত্বরণ লইয়া উপরে উঠিতে থাকে তখন লিফ্‌টে অবস্থিত m ভরবিশিষ্ট ব্যক্তির উপর নিম্নাভিমুখী mf মানের অলীক বল ক্রিয়া করে। ইহা আরোহীর ওজনের অভিমুখে ক্রিয়া করে বলিয়া তাহার উপর নিম্নাভিমুখী মোট বল $=m(g+f)$। সুতরাং, আরোহীর মনে হইবে যে, তাহার ওজন বাড়িয়া গিয়াছে।

● অনুরূপ প্রশ্ন : একটি বস্তু A একটি বিমান B-এর উপর বসান আছে। যে-শর্ত পালিত হইলে A- এবং B-এর পারস্পরিক ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া (i) A বস্তুর ওজনের সমান হইবে ; (ii) A বস্তুর ওজন অপেক্ষা বেশি হইবে ; (iii) A বস্তুর ওজন অপেক্ষা কম হইবে ; এবং (iv) শূন্য হইবে—তাহা বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

[A body A rests on an aeroplane B. State and explain the conditions in which the action and reaction between A and B will be (i) equal to the weight of A ; (ii) greater than the weight of A ; (iii) less than the weight of A ; (iv zero.] (Utkal Univ. 1956)

41. মনে করি, লোকটির উপর লিফ্‌টের মেঝে ঊর্ধ্বমুখী F বল প্রয়োগ করে। ইহা ছাড়া, ঐ ব্যক্তির ওজন mg নিম্নাভিমুখে ক্রিয়াশীল।

কাজেই, ঐ ব্যক্তির উপর ক্রিয়াশীল ঊর্ধ্বমুখী অসম বল $=F-mg$

প্রশ্নের শর্তানুসারে, লোকটির ঊর্ধ্বাভিমুখী ত্বরণ $=2g$

আমরা জানি, বল = ভর × ত্বরণ

$$F-mg=m\times 2g \text{ বা, } F=3mg$$

সুতরাং, লিফ্‌ট-কর্তৃক ব্যক্তির উপর প্রযুক্ত ঊর্ধ্বাভিমুখী বল $=3mg$

42. P বলের প্রভাবে চারিটি ব্লকই একটি নির্দিষ্ট ত্বরণ f লইয়া চলিতে শুরু করিবে। মনে করি, প্রথম ও দ্বিতীয় ব্লকের সহিত যুক্ত সূতার টান T_1, দ্বিতীয় ও তৃতীয় ব্লকের সহিত যুক্ত সূতার টান T_2, এবং তৃতীয় ও চতুর্থ ব্লকের সহিত যুক্ত সূতার টান T_3 (চিত্র 55)।

m m m m P

চিত্র 55

প্রথম ব্লকের গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়, $P-T_1=mf$ ... (i)

দ্বিতীয় ব্লকের গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়, $T_1-T_2=mf$ ... (ii)

অনুরূপভাবে, $T_2-T_3=mf$ ... (iii)

এবং $T_3-0=mf$ ... (iv)

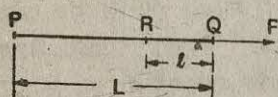
(ii), (iii) এবং (iv) নং সমীকরণ যোগ করিয়া পাই, $T_1=3mf$ ... (v)

(i) নং সমীকরণে T_1-এর এই মান বসাইয়া পাই, $P-3mf=mf$

বা, $P=4mf$ ... (vi)

(v) এবং (vi) হইতে লেখা যায়, $T_1=\frac{3}{4}P$

অনুরূপভাবে, (ii), (iii) এবং (iv) হইতে দেখান যায় যে,

$$T_2=\frac{1}{2}P \text{ এবং } T_3=\frac{1}{4}P$$

43. একটি ঘর্ষণহীন অনুভূমিক তলে অবস্থিত PQ দড়ির দৈর্ঘ্য L ; ইহার Q বিন্দুতে F বল প্রয়োগ করা হইল (চিত্র 56)। Q বিন্দু হইতে R বিন্দুর দূরত্ব l। এই বিন্দুতে দড়ির টান কত নির্ণয় করিতে হইবে।

চিত্র 56

F বলের ক্রিয়ায় দড়ির ত্বরণ$=\frac{F}{M}$, M=দড়ির ভর। এখন, দড়ির PR অংশের ভর, $M'=\frac{M}{L}(L-l)$

∴ R বিন্দুতে ক্রিয়াশীল টান=AC অংশের ভর×দড়ির ত্বরণ

$$=M'\times\frac{F}{M}=\frac{M}{L}(L-l)\times\frac{F}{M}=\frac{F(L-l)}{L}$$

44. জলের জেটের প্রাথমিক গতিবেগ$=u$

শর্তানুসারে, দেওয়ালে আঘাত করিবার পর জলের প্রতিক্ষেপ হয় না (চিত্র 57)। কাজেই, জলের অন্তিম গতিবেগ=0

জলের জেটের ক্ষেত্রফল=A

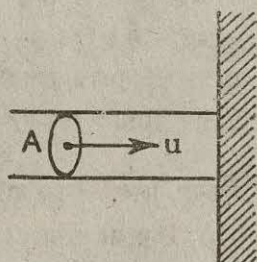
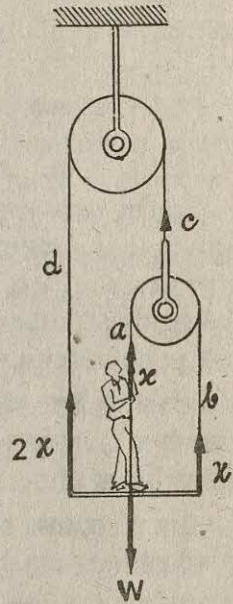
সুতরাং, প্রতি সেকেণ্ডে যে-পরিমাণ জল দেওয়ালে লম্বভাবে আসিয়া আঘাত করে তাহার ভর, $m=Au\times\rho$,

চিত্র 57

এখানে, ρ=জলের ঘনত্ব প্রতি সেকেণ্ডে ভরবেগের পরিবর্তন$=m\times u$

$$=Au\times\rho\times u=Au^2\rho$$

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে ইহাই দেওয়ালের উপর ক্রিয়াশীল বল। অর্থাৎ, জলের জেট-কর্তৃক দেওয়ালে প্রযুক্ত ধাক্কা বল$=Au^2\rho$।

45. মনে করি, পাটাতনে দণ্ডায়মান ব্যক্তি a দড়িতে x kg-wt বল প্রয়োগ করে

(চিত্র 58)। তাহা হইলে b দড়ির টানও x kg-wt-এর সমান হইবে। C দড়ির টান a দড়িতে ক্রিয়াশীল টান x kg-wt এবং b দড়িতে ক্রিয়াশীল টান x kg-wt-এর সম্মিলিত ক্রিয়াকে প্রতিমিত করিতেছে। কাজেই, C দড়ির টান $(x+x)$ বা $2x$ kg-wt। d দড়িতে ক্রিয়াশীল টান এবং C দড়িতে ক্রিয়াশীল টান অভিন্ন। কাজেই, d দড়িতে ক্রিয়াশীল টানও $2x$ kg-wt-এর সমান। পাটাতনটি b দড়ি এবং d দড়ি হইতে ঝুলিতেছে। b দড়ির টান x kg-wt এবং d দড়ির টান $2x$ kg-wt। এই দুইটি সমান্তরাল বলের লব্ধি $3x$ kg-wt ; এই বল পাটাতনটিকে ঊর্ধ্বমুখে টানিতেছে। ইহা ছাড়া পাটাতনে দণ্ডায়মান ব্যক্তি ইহার উপর নিম্নমুখী বল প্রয়োগ করে। ঐ ব্যক্তির ওজন W kg-wt, কিন্তু a দড়িটি তাহার উপর ঊর্ধ্বাভিমুখী x kg-wt প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে। কাজেই, ব্যক্তি-কর্তৃক পাটাতনের উপর প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী বল $(W-x)$ kg-wt। এই নিম্নাভিমুখী বল পাটাতনের উপর b এবং d দড়ি-কর্তৃক প্রযুক্ত ঊর্ধ্বমুখী বলের সমান হইলে পাটাতন সাম্যে থাকিবে। সুতরাং, পাটাতনটিকে সাম্যে রাখিতে হইলে $(W-x)=3x$ হইবে বা, $x=W/4$ হইবে।

চিত্র 58

অর্থাৎ, পাটাতনে দণ্ডায়মান ব্যক্তি a দড়িতে তাহার ওজনের এক-চতুর্থাংশ পরিমাণ বল প্রয়োগ করিলে পাটাতনটি সাম্যে থাকিবে।

46. রৈখিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে, বাহ্যিক বল অনুপস্থিত থাকিলে, অর্থাৎ বস্তুসমূহের পারস্পরিক ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া ভিন্ন অন্য কোন বল ক্রিয়া না করিলে কোন বস্তু-সংহতির (system of bodies) মোট রৈখিক ভরবেগের কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে না। চলন্ত সাইকেল-আরোহী সাইকেলের হাতল পিছনের দিকে টানিয়া সাইকেলের বেগ কমাইতে পারে না, কেননা এক্ষেত্রে আরোহীসমেত সাইকেলের উপর কোন বাহ্যিক বল ক্রিয়া করিতেছে না। এখানে আরোহী-কর্তৃক সাইকেলের হাতলে প্রযুক্ত বল এবং উহার প্রতিক্রিয়া একই বস্তু-সংহতির বিভিন্ন অংশে ক্রিয়া করে বলিয়া ইহাদের যৌথ ক্রিয়ায় আরোহীসমেত সাইকেলের ভরবেগের কোন পরিবর্তন হয় না।

47. মনে করি, নৌকাসহ প্রথম ব্যক্তির ভর m_1 এবং নৌকাসহ দ্বিতীয় ব্যক্তির ভর m_2। যদি যে-কোন একজন দড়ির উপর F বল প্রয়োগ করে তাহা হইলে দড়িতে F টান (tension) ক্রিয়া করিবে। ফলে উভয় ব্যক্তির উপর দড়ির দিকে F বল ক্রিয়া করিবে।

কাজেই, প্রথম ও দ্বিতীয় ব্যক্তির (নৌকাসহ) ত্বরণ যথাক্রমে f_1 $(=F/m_1)$

এবং f_2 $(=F/m_2)$। যদি উহারা t সময় পর পরস্পরের সহিত মিলিত হয় এবং যদি ঐ সময়ে উহাদের দ্বারা অতিক্রান্ত দূরত্ব যথাক্রমে s_1 এবং s_2 হয় তাহা হইলে লেখা যায়,

$$s_1 = \tfrac{1}{2}f_1 t^2 = \frac{F}{2m_1}t^2 \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এবং $$s_2 = \tfrac{1}{2}f_2 t^2 = \frac{F}{2m_2}t^2 \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

বা, $$s_1 : s_2 = m_2 : m_1 \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

নৌকাদ্বয় যে-বিন্দুতে মিলিত হয় সেই বিন্দুটি নৌকাদ্বয়ের প্রাথমিক দূরত্ব s-কে $s_1 : s_2$ অনুপাতে বিভক্ত করে। এই অনুপাত কেবলমাত্র নৌকাসহ ব্যক্তিদ্বয়ের ভর m_1 এবং m_2-এর উপর নির্ভর করে [সমীকরণ (iii) দ্রষ্টব্য]। এই অনুপাত দড়ির টান F-এর উপর নির্ভর করে না। কাজেই, দড়ির উপর যে-কোন বলই প্রয়োগ করা হউক না কেন, নৌকাদ্বয় সর্বদা একই বিন্দুতে মিলিত হইবে।

যদি দড়ির উপর দুই ব্যক্তি দুই দিক হইতে F বল প্রয়োগ করে তাহা হইলেও দড়ির উপর F টান ক্রিয়া করিবে। ফলে সে-ক্ষেত্রেও নৌকাদ্বয় একই বিন্দুতে আসিয়া মিলিত হইবে।

উপরের আলোচনা হইতে বুঝা যাইতেছে যে, নৌকাদ্বয়ের প্রাথমিক দূরত্ব s নির্দিষ্ট হইলে s_1 এবং s_2-এর মানও নির্দিষ্ট হইবে।

আবার, $$s_1 = \tfrac{1}{2}f_1 t^2$$

বা, $$t = \sqrt{\frac{2s_1}{f_1}} = \sqrt{\frac{2s_1}{F/m_1}} = \sqrt{\frac{2s_1 m_1}{F}} \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

দড়ির উপর এক ব্যক্তিই F বল প্রয়োগ করুক বা দুই ব্যক্তি দুই দিক হইতে F বল প্রয়োগ করুক দড়ির টান উভয় ক্ষেত্রেই F হইবে। কাজেই, উভয় ক্ষেত্রেই t-এর মান সমান হইবে।

48. পাখিটি যখন বাক্সের মধ্যে উড়িতে থাকে তখন স্প্রিং-তুলার পাঠের কোনরূপ পরিবর্তন হইবে না। ইহার কারণ নিম্নে ব্যাখ্যা করা হইল।

উড়িবার সময় পাখিটি নিম্নাভিমুখী বল প্রয়োগ করে। এই বলের প্রতিক্রিয়া-রূপে বায়ু পাখির উপর যে-বল প্রয়োগ করে তাহাই পাখিটিকে বায়ুতে বিধৃত রাখে। অর্থাৎ, উড়িবার সময় পাখিটি বায়ুর উপর যে-নিম্নাভিমুখী-বল প্রয়োগ করে উহার গড় মান পাখির ওজনের সমান। অর্থাৎ, পাখিটি উড়িতে থাকিলেও বাক্সের তলায় পাখির ওজনের সমান গড় বল ক্রিয়া করে। কাজেই স্প্রিং-তুলার পাঠের মান অপরিবর্তিত থাকে। একথা সত্য যে, যখন পাখিটি আকস্মিকভাবে উহার গতি পরিবর্তন করে (যখন পাখিটি ত্বরণ লইয়া উঠে বা নামে) তখন বাক্সের তলায় ক্রিয়াশীল বলের পরিবর্তন ঘটে। ইহাতে স্প্রিং-তুলায় আন্দোলন সৃষ্টি হয়। কিন্তু ইহাতে স্প্রিং-তুলার গড় পাঠের কোন পরিবর্তন ঘটে না।

49. সাধারণ বিমানে প্রপেলার লাগান থাকে। কাঠের মধ্য দিয়া যেমন ঘুরিতে ঘুরিতে স্ক্রু আগাইয়া যায় প্রপেলারের ব্লেডগুলিও তদ্রূপ দ্রুত ঘুরিতে ঘুরিতে বায়ুর মধ্য দিয়া সম্মুখের দিকে অগ্রসর হয়। বায়ুর ঘনত্ব খুব কম হইলে প্রপেলারের ঘূর্ণনের ফলে খুব বেশি সম্মুখ-বলের উদ্ভব হয় না, ফলে বিমান খুব দ্রুত গতিতে চলিতে পারে না। উচ্চতা বাড়িলে বায়ুর ঘনত্ব কমিয়া যায় বলিয়া প্রপেলারযুক্ত বিমান খুব বেশি উচ্চতায় উড়ে না।

জেট বিমানে প্রপেলার থাকে না। এই বিমানের সম্মুখ-গতি সঞ্চারের নীতি সম্পূর্ণ ভিন্ন। এইরূপ বিমানে একটি দহন-প্রকোষ্ঠ (combustion chamber) থাকে। ইহার মধ্যে কঠিন বা তরল জ্বালানির দহন ঘটানো হয়। এই দহনের ফলে যে-গ্যাসীয় পদার্থের সৃষ্টি হয় সেই গ্যাসীয় পদার্থ বিমানের পশ্চাদ্দিকে অবস্থিত একটি সরু ছিদ্র (nozzle)-এর মধ্য দিয়া তীব্র গতিবেগে বাহির হইতে থাকে। নিঃসৃত গ্যাস যে-ভরবেগ লইয়া বিমানের পশ্চাদ্দিক হইতে বাহির হইয়া আসে রৈখিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র অনুযায়ী বিমানটিও গ্যাসের গতির বিপরীত দিকে (অর্থাৎ, সম্মুখের দিকে) সমান মানের ভরবেগ লাভ করে। সম্মুখ-বল সৃষ্টির জন্য জেট বিমানকে বায়ুর উপর নির্ভর করিতে হয় না। অধিক উচ্চতায় বায়ুর ঘনত্ব কম বলিয়া বিমানের গতির বিরুদ্ধে বায়ুর ঘর্ষণ-জনিত বাধা কম হয়, ইহাতে জেট বিমানের গতিবেগ বাড়ান যায়। এইজন্যই জেট বিমান অধিক উচ্চতায় উড়ে। জেট বিমান শব্দ অপেক্ষাও অধিক গতিবেগ লাভ করিতে পারে।

50. মনে করি, লোকটি t সময়ে নৌকার এক প্রান্ত হইতে সমভাবে অন্য প্রান্তে আসিল। আরোহী ও নৌকার উপর কোন বাহ্যিক বল ক্রিয়া করিতেছে না। সুতরাং, লোকটির চলনের ফলে এই সংস্থার ভরবেগের কোন পরিবর্তন হইবে না। কাজেই লোকটি যেদিকে যাইবে নৌকাটি উহার বিপরীত দিকে গতিশীল হইবে। অর্থাৎ, লোকটি যতক্ষণ চলিবে ততক্ষণ নৌকাটিও বিপরীত দিকে এইরূপ গতিবেগে চলিবে যাহাতে নৌকা ও আরোহীর সমন্বয়ে গঠিত সংস্থার ভরবেগ শূন্যই থাকে।

ধরা যাক, নৌকাটি একই সময় t-তে লোকটির সরণের বিপরীত দিকে x দূরত্ব সরে। সুতরাং, ভূমির সাপেক্ষে লোকটির গতিবেগ $v=(\mathrm{L}-x)/t$ এবং নৌকার গতিবেগ$=x/t$

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে লেখা যায়,

$$\frac{m(\mathrm{L}-x)}{t}-\frac{\mathrm{M}x}{t}=0 \quad \text{বা,} \quad x=\frac{m\mathrm{L}}{m+\mathrm{L}}$$

ইহাই নৌকার সরণ।

● **বিকল্প পদ্ধতি :** ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রের একটি অনুসিদ্ধান্ত হইতেও আমরা এই ফল পাইতে পারি। অনুসিদ্ধান্তটি হইল এই যে, কোন বস্তু-সংহতির উপর বাহ্যিক বল ক্রিয়া না করিলে ঐ বস্তু-সংহতির ভারকেন্দ্র স্থির থাকে। মনে করি, শূন্য নৌকার ভারকেন্দ্রটি C-বিন্দুর মধ্য দিয়া অঙ্কিত উল্লম্ব রেখার উপর

অবস্থিত (চিত্র 59)। যখন লোকটি নৌকার A প্রান্তে দাঁড়াইয়া আছে তখন নৌকা-ও-আরোহীর সমন্বয়ে গঠিত সংস্থার ভারকেন্দ্রটি G বিন্দুর মধ্য দিয়া অঙ্কিত উল্লম্ব রেখার উপর অবস্থিত। এখন $CG = y$ হইলে লেখা যায়,

$$y \times Mg = \left(\frac{L}{2} - y\right) mg$$

$$\text{বা, } y = \frac{mL}{2(M+m)} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

চিত্র 59

লোকটি যখন নৌকার B প্রান্তে আসে তখন নৌকা-ও-আরোহীর সমন্বয়ে গঠিত সংস্থার ভারকেন্দ্র G′ বিন্দুর মধ্য দিয়া অঙ্কিত উল্লম্ব রেখার উপর অবস্থিত। $CG' = z$ হইলে লেখা যায়,

$$z \times Mg = \left(\frac{L}{2} - z\right) mg \quad \text{বা, } z = \frac{mL}{2(M+m)} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

$$\text{সুতরাং, } GG' = y + z = \frac{mL}{M+m} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

আলোচ্য সংস্থার উপর কোন বাহ্যিক বল ক্রিয়া করে না বলিয়া ভূমির সাপেক্ষে ইহার ভারকেন্দ্রের অবস্থান অপরিবর্তিত থাকে। এইজন্য লোকটি A প্রান্ত হইতে B প্রান্তে আসিলে নৌকাটি এমন অবস্থানে আসে যাহাতে G′ বিন্দুটি G-এর পূর্ববর্তী অবস্থানের সহিত সমাপতিত (coincident) হয়। অর্থাৎ, নৌকার সরণ GG′-এর সমান হয়। সমীকরণ (iii) হইতে ইহার মান পাওয়া যায়।

51. ধরি, ট্রাক দুইটি চলিতে শুরু করিবার পূর্বে উক্ত সংস্থার ভরকেন্দ্রটি CG রেখার উপর অবস্থিত ছিল (চিত্র 60)। ভরকেন্দ্রের সংজ্ঞা-অনুসারে, সংস্থার ভরকেন্দ্র হইতে ট্রাকদ্বয়ের ভরকেন্দ্রের দূরত্ব l_1 এবং l_2 হইলে লেখা যায়,

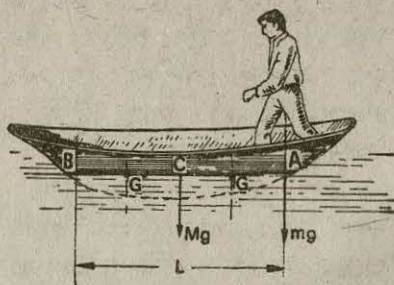
$$m_1 l_1 = m_2 l_2 \quad \text{বা, } \frac{l_1}{l_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

স্প্রিং-এর ক্রিয়ায় ট্রাক দুইটিতে সঞ্চারিত গতিবেগ যথাক্রমে v_1 এবং v_2 হইলে নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে লেখা যায় যে,

$$m_1 v_1 = Ft \quad \text{বা, } v_1 = \frac{Ft}{m_1} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

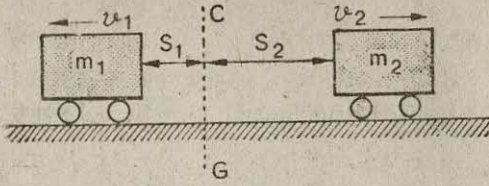
$$\text{এবং } m_2 v_2 = Ft \quad \text{বা, } v_2 = \frac{Ft}{m_2} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

সমীকরণ (ii) এবং (iii) হইতে পাই,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{Ft}{m_1} \Big/ \frac{Ft}{m_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

[লক্ষণীয় যে, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে সরাসরি (iv) নং সমীকরণটি পাওয়া যায়, কেননা এই সূত্রানুসারে, $m_1v_1=m_2v_2$]

চিত্র 60

t সময়ে ট্রাক দুইটি দ্বারা অতিক্রান্ত দূরত্ব যথাক্রমে s_1 এবং s_2 হইলে লেখা যায়,

$s_1=v_1t$ এবং $s_2=v_2t$

কাজেই, $\dfrac{s_1}{s_2}=\dfrac{v_1}{v_2}$ ... (v)

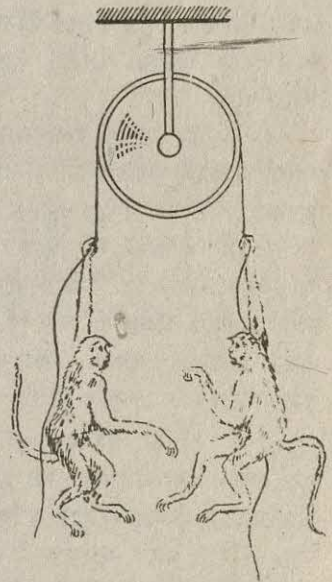
সমীকরণ (v), (iv) এবং (i) হইতে পাই,

$$\frac{s_1}{s_2}=\frac{m_2}{m_1}=\frac{l_1}{l_2} \text{ বা, } \frac{s_1+l_1}{s_2+l_2}=\frac{m_2}{m_1} \quad \text{... (vi)}$$

বা, $\dfrac{\text{CG রেখা হইতে প্রথম ট্রাকের দূরত্ব}}{\text{CG রেখা হইতে দ্বিতীয় ট্রাকের দূরত্ব}}=\dfrac{\text{দ্বিতীয় ট্রাকের ভর}}{\text{প্রথম ট্রাকের ভর}}$ ... (vii)

সুতরাং, কোন নির্দিষ্ট সময় (t) পরও ট্রাক দুইটি দ্বারা গঠিত সংস্থার ভরকেন্দ্রটি CG রেখার উপর অবস্থিত। অর্থাৎ, উক্ত সংস্থার ভরকেন্দ্রটি (কাজেই, ভারকেন্দ্রটি) স্থির অবস্থায় আছে।

চিত্র 61

52. সমান ওজনের দুইটি বাঁদর একটি দড়ির দুই প্রান্ত বাহিয়া উপরে উঠিতেছে (চিত্র 61)। দড়ির টান সর্বত্র সমান বলিয়া উভয় বাঁদরের উপর ক্রিয়াশীল ঊর্ধ্বমুখী অসম বলও সমান। কাজেই, ভূমির সাপেক্ষে বাঁদর দুইটির ঊর্ধ্বাভিমুখী ত্বরণ সমান। অর্থাৎ, যখন বাঁদর দুইটি দড়ি বাহিয়া উপরে উঠিবার জন্য দড়িতে বল প্রয়োগ করে তখন উহারা (দড়ির মাধ্যমে) একে অন্যের উপরে সমান ভরবেগ সঞ্চারিত করে। সুতরাং, বাঁদরদ্বয় দড়ির সাপেক্ষে যত দ্রুতই উপরে উঠুক না কেন, ভূমির সাপেক্ষে উহারা উভয়ে একই দ্রুতিতে উঠিবে, কারণ উহাদের ভর সমান। যে পার্শ্বের বাঁদরটি দড়ির সাপেক্ষে অপেক্ষাকৃত দ্রুত উপরে উঠিতেছে কপিকলের উপর দিয়া দড়ি সেই দিকে এইরূপ গতিবেগে যাইবে যাহাতে ভূমির সাপেক্ষে বাঁদর দুইটির ঊর্ধ্বে উঠিবার হার সমান হয়। কাজেই, বাঁদর দুইটি একই সঙ্গে কপিকলে পৌঁছিবে।

● অন্যভাবেও এই প্রশ্নটির সমাধানে উপনীত হওয়া যায়। মনে করি, বাঁদর দুইটি মসৃণ অনুভূমিক তলে রহিয়াছে এবং একটি দড়ির দুই বিপরীত পার্শ্বে ধরিয়া রাখিয়াছে। কোন বাহ্যিক বল ক্রিয়া করিতেছে না বলিয়া দুইটি বাঁদরের মিলিত সংস্থার ভারকেন্দ্রটি স্থির থাকিবে। সুতরাং উহারা একই সময়ে এই ভারকেন্দ্রের দিকে একই দূরত্ব অগ্রসর হয়। অর্থাৎ, উহারা উভয়েই পূর্ববর্তী দূরত্বের মধ্যবিন্দুতে আসিতে একই সময় লয়।

53. 52 নং প্রশ্নের সমাধানটি অনুধাবন করিলে সহজেই এই প্রশ্নটির উত্তর দেওয়া যায়। (i) সাম্যাবস্থায় বাঁদর ও দর্পণের উপর ক্রিয়াশীল বলগুলি পরস্পরকে প্রতিমিত (balanced) করে। অর্থাৎ, এই অবস্থায় দর্পণের টান বাঁদরের বা দর্পণের ওজনের সমান। বাঁদর যখন উপরে উঠিতে চায় তখন উহাকে দড়ির উপর একটি নিম্নাভিমুখী বল প্রয়োগ করিতে হয়। ইহাতে দড়ির টান বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ, এই সময় দড়ির টান বাঁদর বা দর্পণের ওজন অপেক্ষা বেশি হয়। লক্ষণীয় যে, দর্পণ ও বাঁদরের ওজন সমান বলিয়া ইহাদের উপর ক্রিয়াশীল ঊর্ধ্বমুখী অসম বলের মানও সমান হইবে। এখন, দর্পণ ও বাঁদরের ভর সমান বলিয়া বাঁদরের ঊর্ধ্বাভিমুখী ত্বরণ ও দর্পণের ঊর্ধ্বাভিমুখী ত্বরণ সমান হইবে। অর্থাৎ, বাঁদর যত দ্রুত উপরে উঠিবে, দর্পণটিও সেই দ্রুততা লইয়া উপরে উঠিবে। ফলে দড়ি বাহিয়া উঠিয়া বাঁদরটি উহার প্রতিবিম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইতে পারে না।

(ii) একইভাবে বলা যায় যে, বাঁদরটি দড়ি বাহিয়া নিচে নামিতে থাকিলে দর্পণটিও একই দ্রুততায় নিচে নামিতে থাকিবে। কাজেই, দড়ি বাহিয়া নামিতে থাকিলেও বাঁদরটি দর্পণে গঠিত স্ব-প্রতিবিম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইতে পারে না।

(iii) বাঁদরটি দড়িটিকে ছাড়িয়া দিলে বাঁদর ও দর্পণ ইহারা উভয়েই অভিকর্ষজ ত্বরণ লইয়া নিম্নাভিমুখে নামিতে থাকে। ইহারা একই ত্বরণ লইয়া নিচে নামিতে থাকে বলিয়া অভিকর্ষের প্রভাবে মুক্তভাবে পতনকালেও বাঁদর ও দর্পণ সর্বদা একই লেভেলে থাকে। ফলে দড়ি ছাড়িয়া দিলেও বাঁদরটি উহার প্রতিবিম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইতে পারে না।

54. দড়ির সাহায্যে ঝুলন্ত ব্যক্তি দড়ি বাহিয়া উপরে উঠিতে শুরু করিবার পূর্বে বেলুন এবং ঐ ব্যক্তি দ্বারা গঠিত সংস্থার মোট ভরবেগ শূন্য ছিল। লোকটি দড়ি বাহিয়া উপরে উঠিতে থাকিলে বেলুনটি ভূমির সাপেক্ষে u গতিবেগে (ধরি) নিচে নামিতে থাকে, যাহাতে ঐ সংস্থার মোট ভরবেগ সর্বদা শূন্য হয়।

দড়ির সাপেক্ষে লোকটির ঊর্ধ্বমুখী গতিবেগ v। কাজেই, ভূমির সাপেক্ষে তাহার ঊর্ধ্বমুখী গতিবেগ, $\omega=(v-u)$; সুতরাং, তাহার ভরবেগ $m\omega=m(v-u)$

বেলুনটির ভরবেগ$=-\mathrm{M}u$

∴ রৈখিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়, $m(v-u)-\mathrm{M}u=0$

$$\text{বা,}\quad u=\frac{mv}{(\mathrm{M}+m)}$$

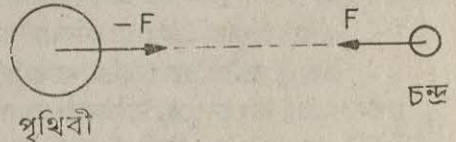
55. উত্তোলকটি যখন স্থির অবস্থায় থাকে তখন ওজনমাপক যন্ত্রের পাঠ 50 kg-wt। কাজেই, লোকটির মোট ওজন 50 kg-wt। এই অবস্থায় লোকটি ওজনমাপক যন্ত্রের উপর নিম্নাভিমুখে 50 kg-wt বল প্রয়োগ করে, ওজনমাপক যন্ত্রটিও লোকটির ঊর্ধ্বাভিমুখে 50 kg-wt বল প্রয়োগ করে।

(i) যখন উত্তোলকটি স্থির গতিবেগ লইয়া উপরের দিকে উঠিতেছে তখন উহার ত্বরণ শূন্য। কাজেই এই গতিবেগ বজায় রাখিবার জন্য বস্তুর উপর কোনরূপ অসম বল ক্রিয়া করে না। এ-ক্ষেত্রেও, ব্যক্তির উপরে ওজনমাপক যন্ত্রটি 50 kg-wt ঊর্ধ্বমুখী বল প্রয়োগ করে। এই বল ওজনকে প্রতিসম করিয়া দেয় বলিয়া লোকটির উপর কোন অসম বল ক্রিয়া করে না। ফলে লোকটি স্থির গতিবেগে চলে। স্পষ্টতই, এ-ক্ষেত্রেও ওজনমাপক যন্ত্রের পাঠ 50 kg-wt।

(ii) যদি উত্তোলকটি f m/sec^2 ত্বরণ লইয়া ঊর্ধ্বমুখে উঠিতে থাকে তাহা হইলে লোকটির উপর ক্রিয়াশীল ঊর্ধ্বমুখী অসম বল$=50f$ newtons$=\frac{50f}{g}$ kg-wt, (g m/sec^2=অভিকর্ষজ ত্বরণ)। কাজেই, লোকটির উপর ওজন-মাপক যন্ত্র-কর্তৃক প্রযুক্ত মোট ঊর্ধ্বমুখী প্রতিক্রিয়া

$$=\left(50+\frac{50f}{g}\right) \text{ kg-wt}।$$

ওজন-মাপক মেশিনের উপর ক্রিয়াশীল নিম্নাভিমুখী বলও $\left(50+\frac{50f}{g}\right)$ kg-wt। কাজেই, এই সময় ওজনমাপক যন্ত্রটির পাঠ বৃদ্ধি পাইবে।

56. নিউটনের তৃতীয় সূত্র হইতে, একটি বস্তু অপর একটি বস্তুর উপর যে-বল প্রয়োগ করে দ্বিতীয় বস্তুটি প্রথম বস্তুর উপর ঐ বলের সমান এবং বিপরীত-মুখী বল প্রয়োগ করে। কাজেই চন্দ্রের উপর পৃথিবী-কর্তৃক প্রযুক্ত বলকে F দ্বারা সূচিত করিলে পৃথিবীর উপর চন্দ্রের আকর্ষণ বলকে F দ্বারা সূচিত করা যায় (চিত্র 62)। চন্দ্রের উপর পৃথিবীর আকর্ষণ-বলের অভিমুখ চন্দ্র হইতে পৃথিবীর দিকে ; আর পৃথিবীর উপর চন্দ্রের আকর্ষণের অভিমুখ পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দিকে।

−F F
পৃথিবী চন্দ্র

চিত্র 62

57. মনে করি, দড়ি হইতে m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তুকে বাঁধিয়া উহাকে f সম-ত্বরণে উপরে তোলা হইতেছে (চিত্র 63)। এই সময় দড়ির টান T হইলে লেখা যায় যে,

$$T-mg=mf \quad \text{বা,} \quad T=m(g+f) \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

প্রশ্নের শর্তানুসারে, T-এর সর্বোচ্চ মান Mg, কেননা ইহা অপেক্ষা বেশি টান পড়িলে দড়ি ছিঁড়িয়া যাইবে। কাজেই m-এর সর্বোচ্চ মান

$$=Mg/(g+f) \quad [\text{সমীকরণ (i) হইতে}] \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

বস্তুটি t sec সময়ে h ft উচ্চতায় উঠে বলিয়া লেখা যায়,

$$h=\tfrac{1}{2}ft^2 \quad \text{বা,} \quad f=\frac{2h}{t^2} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

সমীকরণ (ii) এবং (iii) হইতে পাই,

$$m\text{-এর সর্বোচ্চ মান}=M\Big/(1+\frac{f}{g})=M\Big/(1+\frac{2h}{gt^2})$$

T ত্বরণ f mg

চিত্র 63

58. সংঘাতের পূর্বে ট্রাকদ্বয়ের সম্মিলিত ভরবেগ $=m\times 3v+2m\times v=5mv$। সংঘাতের পর ট্রাকদ্বয়ের গতিবেগ V হইলে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়, $(m+2m)V=5mv$

$$\text{বা,} \quad V=\tfrac{5}{3}v \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

(i) ট্রাকদ্বয়ের পারস্পরিক ঘাত (mutual impulse)-এর মান সংঘাতের ফলে উহাদের প্রতিটির ভরবেগের পরিবর্তনের সমান। কাজেই, প্রথম ট্রাক-কর্তৃক দ্বিতীয় ট্রাকের উপর প্রযুক্ত বলের ঘাত,

$$I=2m\times V-2m\times v=2m\times\tfrac{5}{3}v-2m\times v=\tfrac{4}{3}mv \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

(ii) সংঘাতের পূর্বে ট্রাকদ্বয়ের গতিশক্তি $=\tfrac{1}{2}\times m\times(3v)^2+\tfrac{1}{2}\times 2m\times v^2$
$=\tfrac{9}{2}mv^2+mv^2=\tfrac{11}{2}mv^2$

সংঘাতের পর ট্রাকদ্বয়ের গতিশক্তি $=\tfrac{1}{2}(m+2m)\times V^2$
$=\tfrac{1}{2}\times 3m\times\tfrac{25}{9}v^2=\tfrac{25}{6}mv^2$

কাজেই, সংঘাতের ফলে ট্রাকদ্বয়ের গতিশক্তির হ্রাস
$=\tfrac{11}{2}mv^2-\tfrac{25}{6}mv^2=\tfrac{4}{3}mv^2$

59. মনে করি, বুলেটটির প্রাথমিক গতিবেগ $=v$

প্রথম পাতটিকে ভেদ করিবার পর বুলেটটির গতিবেগ $=v'$

এবং বুলেটের ক্রিয়ায় উভয় পাতে সঞ্চারিত গতিবেগ $=V_1$

প্রথম পাতের সহিত বুলেটের ক্রিয়ার ক্ষেত্রে ভরবেগের সূত্র প্রয়োগ করিয়া পাই,

$$m(v-v')=M_1v_1 \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

অনুরূপভাবে, বুলেটের সহিত দ্বিতীয় পাতের সংঘাত বিবেচনা করিয়া ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে পাই, $mv'=(m+M_2)v_1 \quad \cdots \quad$ (ii)

(i) এবং (ii) হইতে v' অপনয়ন (eliminate) করিয়া পাই,

$$v_1=\frac{m}{M_1+M_2+m}\cdot v \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

কাজেই, সমীকরণ (iv) এবং (iii) হইতে লেখা যায়,

$$v'=\frac{m+M_2}{m}\cdot v_1=\frac{m+M_2}{M_1+M_2+m}\cdot v$$

বা, $\frac{v}{v'}=\frac{M_1+M_2+m}{m+M_2}$ বা, $\frac{v-v'}{v}=\frac{M_1}{m+M_2}$

সুতরাং, বুলেটটি যখন M_1 এবং M_2 ভরের পাতদ্বয়ের মাঝামাঝি আছে তখন উহার গতিবেগের শতকরা হ্রাস,

$$=\frac{v-v'}{v}\times 100=\frac{M_1}{m+M_2}\times 100\%$$

60. (a) অনুভূমিক বল F-এর ক্রিয়ায় m_1 এবং m_2 ভরবিশিষ্ট বস্তুদ্বয়ের ত্বরণের মান f হইলে লেখা যায়,

$$F=(m_1+m_2)f$$

সুতরাং, বস্তুদ্বয়ের ত্বরণ, $f=\frac{F}{m_1+m_2}$

m_2 ভরবিশিষ্ট বস্তুটির ত্বরণ f বলিয়া ইহার উপর ক্রিয়াশীল অসম বল

$$F_1=m_2f=\frac{m_2}{m_1+m_2}.\ F$$

ইহাই ব্লকদ্বয়ের স্পর্শতলে ক্রিয়াশীল বল।

(b) F বলটি যদি m_1-এর পরিবর্তে m_2-এর উপর ক্রিয়া করে তাহা হইলেও উভয়ের ত্বরণের মান $f=F/(m_1+m_2)$ হইবে। এক্ষেত্রে, m_1-এর উপর ক্রিয়াশীল বলের মান, $F_2=m_1f=\frac{m_1}{m_1+m_2}.\ F$

কাজেই, উপরি-উক্ত দুইটি ক্ষেত্রে ব্লকদ্বয়ের স্পর্শতলে ক্রিয়াশীল বলের মান সমান নয়।

61. মনে করি, সংঘাতের ফলে যুগ্ম-ভরটি U গতিবেগে x-অক্ষের সহিত θ কোণে আনত রহিয়াছে (চিত্র 64)। ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে নিম্নের সমীকরণ দুইটি পাওয়া যায়।

চিত্র 64

X-অক্ষাভিমুখী ভরবেগ বিবেচনা করিয়া,

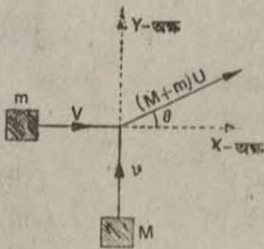
$$mV=(M+m)U\cos\theta \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

Y-অক্ষাভিমুখী ভরবেগ বিবেচনা করিয়া,

$$Mv=(M+m)U\sin\theta \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii)-এর বর্গ এবং যোগ করিয়া পাই, $m^2V^2+M^2v^2=(M+m)^2U^2$

সুতরাং, যুগ্মভরের গতিবেগ, $U=\frac{\sqrt{m^2V^2+M^2v^2}}{(M+m)}$ ... (iii)

(ii)-কে (i) দ্বারা ভাগ করিয়া পাই, $\tan\theta=\frac{Mv}{mV}$ ... (iv)

অর্থাৎ, যুগ্মভরের গতিবেগ (U) x-অক্ষের সহিত $\tan^{-1}(Mv/mV)$ কোণে আনত।

সংঘাতের পূর্বে বস্তুদ্বয়ের মোট গতিশক্তি, $E_1=\frac{1}{2}Mv^2+\frac{1}{2}mV^2$

সংঘাতের পর যুগ্মভরের গতিশক্তি, $E_2=\frac{1}{2}(M+m)U^2$

$$=\frac{1}{2}(M+m)\frac{m^2V^2+M^2v^2}{(M+m)^2}=\frac{1}{2}\frac{M^2V^2+M^2v^2}{(M+m)}$$

কাজেই, প্রাথমিক গতিশক্তির f ভগ্নাংশ তাপে রূপান্তরিত হইলে লেখা যায়,

$$f=\frac{E_1-E_2}{E_1}=\frac{Mm}{M+m}\times\frac{(V^2+v^2)}{(Mv^2+mV^2)}$$

62. মনে করি, A চাকৃতিটির ভর m_1 এবং B চাকৃতিটির ভর m_2।

প্রথমে ধরা যাক যে,

$$\frac{m_1}{m_2}=K \quad \text{বা, } m_1=Km_2 \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

সংঘাতের পূর্বে A-এর গতিবেগ ছিল U এবং B-এর গতিবেগ ছিল শূন্য।

কাজেই, সংঘাতের পূর্বে চাকৃতিদ্বয়ের মোট ভরবেগ

$$=m_1U+m_2.0=m_1U \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

মনে করি, সংঘাতের পর A- এবং B-এর গতিবেগ যথাক্রমে v_1 এবং v_2;

কাজেই সংঘাতের পরে চাকৃতিদ্বয়ের মোট ভরবেগ$=m_1v_1+m_2v_2$

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়, $m_1U=m_1v_1+m_2v_1$

$$\text{বা, } Km_2U=Km_2v_1+m_2v_2 \qquad \cdots \quad \text{(iii)}$$

সংঘাতের পূর্বে চাকৃতিদ্বয়ের মোট গতিশক্তি$=\frac{1}{2}m_1U^2+0=\frac{1}{2}Km_2U^2$

এবং সংঘাতের পর চাকৃতিদ্বয়ের মোট গতিশক্তি$=\frac{1}{2}m_1{v_1}^2+\frac{1}{2}m_2{v_2}^2$

যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়,

$$\frac{1}{2}m_1U^2=\frac{1}{2}m_1{v_1}^2+\frac{1}{2}m_2{v_2}^2$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2}Km_2U^2=\frac{1}{2}Km_2{v_1}^2+\frac{1}{2}m_2{v_2}^2 \qquad \cdots \quad \text{(iv)}$$

সমীকরণ (iii) এবং (iv) হইতে পাই,

$$KU=Kv_1+v_2 \qquad \cdots \quad \text{(v)}$$

$$KU^2=K{v_1}^2+{v_2}^2 \qquad \cdots \quad \text{(vi)}$$

সমীকরণ (v) হইতে লেখা যায়, ${v_2}^2=K^2(U-v_1)^2$ ... (vii)

এবং সমীকরণ (vi) হইতে পাই, ${v_2}^2=K(U^2-{v_1}^2)$ ... (viii)

(vii) এবং (viii) নং সমীকরণ হইতে পাই,

$$1=\frac{K(U-v_1)}{U+v_1} \quad \text{বা, } v_1=\left(\frac{K-1}{K+1}\right)U \qquad \cdots \quad \text{(ix)}$$

∴ সংঘাতের পূর্বে A চাকৃতির গতিশক্তি$=\frac{1}{2}m_1U^2=\frac{1}{2}Km_2U^2$

A চাকৃতির সংঘাতোত্তর গতিশক্তি

$$=\frac{1}{2}m_1v_1^{\,2}=\frac{1}{2}\mathrm{K}m_2v_1^{\,2}=\frac{1}{2}\mathrm{K}m_2\left(\frac{\mathrm{K}-1}{\mathrm{K}+1}\right)^2\mathrm{U}^2$$

কাজেই, সংঘাতের ফলে A চাক্তির গতিশক্তির হ্রাস

$$=\frac{1}{2}\mathrm{K}m_2\mathrm{U}^2\left[1-\left(\frac{\mathrm{K}-1}{\mathrm{K}+1}\right)^2\right]=\frac{1}{2}\mathrm{K}m_2\mathrm{U}_2\,\frac{4\mathrm{K}}{(\mathrm{K}+1)^2} \quad \cdots \quad (x)$$

ইহাই A চাক্তি হইতে B চাক্তিতে স্থানান্তরিত গতিশক্তির পরিমাণ। কাজেই, সংঘাতের ফলে A চাক্তির গতিশক্তির যে-ভগ্নাংশ B চাক্তিতে স্থানান্তরিত হইল উহাকে f দ্বারা সূচিত করিলে লেখা যায়,

f=স্থানান্তরিত গতিশক্তি/প্রাথমিক গতিশক্তি

$$=\frac{1}{2}\mathrm{K}m_2\ \mathrm{U}^2\frac{4\mathrm{K}}{(\mathrm{K}+1)^2}\Big/\frac{1}{2}\mathrm{K}m_2\mathrm{U}^2=\frac{4\mathrm{K}}{(\mathrm{K}+1)^2} \quad - \quad (xi)$$

এখন, $(m_1/m_2)=\mathrm{K}$ না হইয়া $(m_2/m_1)=\mathrm{K}$ হইলে, f-এর মান কত হইবে তাহা নির্ণয় করিতে হইলে (ix) নং সমীকরণে K-এর পরিবর্তে 1/K বসাইতে হইবে। এক্ষেত্রে, A চাক্তির প্রাথমিক শক্তির f' ভগ্নাংশ B চাক্তিতে স্থানান্তরিত হইলে লেখা যায়,

$$f'=\frac{4\times\left(\frac{1}{\mathrm{K}}\right)}{\left(\frac{1}{\mathrm{K}}+1\right)^2}=\frac{4\mathrm{K}}{(\mathrm{K}+1)^2} \quad \text{বা, } f=f'$$

কাজেই, সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, A চাক্তির ভর অপেক্ষা B চাক্তির ভরই K গুণ হোক, বা B চাক্তির ভর অপেক্ষা A চাক্তির ভরই K গুণ হোক, সংঘাতের ফলে A চাক্তির প্রাথমিক গতিশক্তির একই ভগ্নাংশ A চাক্তি হইতে B চাক্তিতে স্থানান্তরিত হয়।

63. মনে করি, প্রথম বুটটি ছুঁড়িবার পর ভূমির সাপেক্ষে ব্যক্তিটির গতিবেগ $=v_1$

কাজেই, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায় যে,

$$(\mathrm{M}+m)v_1-mv=0 \quad \cdots \quad (i)$$

কেননা, উৎক্ষিপ্ত বুটের ভর m এবং অপর বুটসহ ব্যক্তিটির ভর $(\mathrm{M}+m)$।

সমীকরণ (i) হইতে পাই, $v_1=\frac{m}{\mathrm{M}+m}.v$ $\quad\cdots\quad$ (ii)

দ্বিতীয় বুটটি ছুঁড়িবার পর ব্যক্তিটির চূড়ান্ত গতিবেগ (ভূমির সাপেক্ষে) v_2 হইলে এই সময় বুট ও ব্যক্তিটির ভরবেগ হইবে $\{\mathrm{M}v_2-m(v-v_1)\}$

কেননা, এক্ষেত্রে ভূমির সাপেক্ষে বুটের উৎক্ষেপণ বেগ $(v-v_1)$।

কিন্তু দ্বিতীয় বুটটি ছুঁড়িবার পূর্বে একটি বুটসহ ব্যক্তিটির গতিবেগ ছিল v_1 ; কাজেই, এই সময় তাহার ভরবেগ ছিল $(\mathrm{M}+m)\ v_1$

সুতরাং, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে লেখা যায় যে,

$$Mv_2 - m(v-v_1) = (M+m)v_1 \quad \cdots \quad (iii)$$

বা, $Mv_2 = mv + Mv_1$

সমীকরণ (ii) হইতে v_1-এর মান বসাইয়া পাই,

$$Mv_2 = mv + \frac{Mm}{M+m}\, v = mv\left[\frac{2M+m}{M+m}\right]$$

বা, $v_2 = \dfrac{mv}{M}\left[\dfrac{2M+m}{M+m}\right]$

64. মনে করি, বুলেটটি স্থির পাতটিকে u বেগে আঘাত করে এবং পাতটি উহার উপর যে-বিরুদ্ধ বল প্রয়োগ করে তাহার মান R। যখন পাতটি স্থির অবস্থায় থাকে তখন বুলেটটি পাতের মধ্যে s দূরত্ব প্রবেশ করিয়া স্থির হয়। শক্তির নিত্যতা সূত্র হইতে লিখিতে পারি,

বুলেটের গতিশক্তি=বুলেট-কর্তৃক R-এর বিরুদ্ধে কৃত কার্য

$$\therefore \quad \tfrac{1}{2}\, mu^2 = R.\, s \quad \cdots \quad (i)$$

এইবার মনে করি, পাতটি চলনক্ষম। এক্ষেত্রে সংঘাতের পর পাত ও বুলেটের সাধারণ বেগ v হইলে লেখা যায়,

$m.u + M.0 = (m+M)\, v.$ এখানে M=পাতের ভর।

$$\text{বা,} \quad v = \frac{mu}{M+m} \quad \cdots \quad (ii)$$

পাতটি চলনক্ষম হইলে বুলেটটি উহাতে যতটা গভীরতা পর্যন্ত প্রবেশ করে তাহা x হইলে শক্তির সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়,

$$R.x = \tfrac{1}{2}\, mu^2 - \tfrac{1}{2}\,(m+M)\, v^2$$

$$= \tfrac{1}{2}\, mu^2 - \tfrac{1}{2}\,(m+M)\left(\frac{mu}{M+m}\right)^2$$

$$= \tfrac{1}{2}\, mu^2 \left[1 - \frac{m}{M+m}\right] = \tfrac{1}{2}\, mu^2 . \frac{M}{m+M}$$

$$= R.s.\, \frac{M}{m+M} \qquad [\text{ সমীকরণ (i) হইতে }]$$

বা, $x = \dfrac{Ms}{m+M}$

65. মনে করি, নিউট্রন এবং কার্বন পরমাণুর ভর যথাক্রমে m এবং M। সংঘাতের পূর্বে এবং পরে নিউট্রনের বেগ যথাক্রমে u এবং v হইলে লেখা যায়,

$mu = mv + MV$ (ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে)

এবং $\tfrac{1}{2}\, mu^2 = \tfrac{1}{2}\, mv^2 + \tfrac{1}{2}\, MV^2$ (শক্তির সংরক্ষণ সূত্র হইতে)

এখানে V হইল সংঘাতের পর কার্বন-পরমাণুর বেগ।

উপরের দুইটি সমীকরণ হইতে পাই,

$$m\,(u-v)=MV \quad \cdots \quad (i)$$

এবং $m\,(u+v)\,(u-v)=MV^2 \quad \cdots \quad (ii)$

(ii)-কে (i) দ্বারা ভাগ করিয়া পাই, $u+v=V \quad \cdots \quad (iii)$

আবার (i) হইতে লেখা যায়, $u-v=\frac{M}{m}.V \quad \cdots \quad (iv)$

কাজেই, (iii) এবং (iv) নং সমীকরণদ্বয় সমাধান করিয়া পাই,

$$\left.\begin{aligned} u&=\tfrac{1}{2}\left(1+\frac{M}{m}\right)V \\ \text{এবং}\quad v&=\tfrac{1}{2}\left(1-\frac{M}{m}\right)V \end{aligned}\right\} \quad \cdots \quad (v)$$

একটি কার্বনের পরমাণুর ভর একটি নিউট্রন পরমাণুর ভরের প্রায় 12 গুণ বলিয়া লেখা যায়,

$$\frac{M}{m}=12$$

(v) নং সমীকরণে (M/m)-এর এই মান বসাইয়া পাই,

$$u=\tfrac{13}{2}\,V \quad \cdots \quad (vi)$$

এবং $v=-\tfrac{11}{2}\,V \quad \cdots \quad (vii)$

এখন, সংঘাতের পূর্বে নিউট্রনের গতিশক্তি, $E_1=\frac{1}{2}\,mu^2$

এবং সংঘাতের পর নিউট্রনের গতিশক্তি, $E_2=\frac{1}{2}\,mv^2$

$$\therefore \quad \frac{E_1}{E_2}=\frac{u^2}{v^2}=\left(\frac{13}{11}\right)^2 \quad [\text{ (vi) এবং (vii) হইতে }]$$

বা, $\dfrac{E_1-E_2}{E_1}=\dfrac{(13)^2-(11)^2}{13^2}=\dfrac{169-121}{169}=\dfrac{48}{169}$

কাজেই, নিউট্রনের গতিশক্তির হ্রাসের শতকরা পরিমাণ

$$=\frac{E_1-E_2}{E_1}\times 100\%=\frac{48}{169}\times 100\%=28{\cdot}4\%$$

66. (a) মনে করি, হাইড্রোজেন পরমাণুর ভর m ; কাজেই হিলিয়াম পরমাণুর ভর $4m$ ।

মুখোমুখি সংঘাতের পর হাইড্রোজেন পরমাণুর গতিবেগ v_1 এবং হিলিয়াম পরমাণুর গতিবেগ v_2 হইলে রৈখিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়,

$$4mU=4mv_1+mv_2 \quad \cdots \quad (i)$$

আবার, শক্তির সংরক্ষণ সূত্র হইতে পাই, $4mU^2=4mv_1{}^2+mv_2{}^2 \quad (ii)$

সমীকরণ (i) হইতে লেখা যায়, $4m(U-v_1)=mv_2 \quad \cdots \quad (iii)$

আবার সমীকরণ (ii) হইতে লেখা যায়, $4m(U+v_1)(U-v_1)=mv_2{}^2 \quad (iv)$

(iv) নং সমীকরণকে (iii) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করিয়া পাই,

$U+v_1=v_2$ বা, $U=(v_2-v_1)$ ... (v)

(i) নং সমীকরণে U-এর এই মান বসাইয়া পাই, $v_2=\frac{8}{3}v_1$ ... (vi)

কাজেই, সমীকরণ (v) হইতে লেখা যায়, $U=\frac{8}{3}v_1-v_1=\frac{5}{3}v_1$

বা, $v_1=\frac{3}{5}U$ ... (vii)

সুতরাং, হিলিয়াম পরমাণুর গতিশক্তির পরিবর্তন,

$$\triangle E=\frac{1}{2}.4m.U^2-\frac{1}{2}.4m.v_1^2=2m[U^2-v_1^2] \quad \cdots \quad \text{(viii)}$$

(vii) সমীকরণ হইতে v_1-এর মান বসাইয়া পাই, $\triangle E=\frac{32}{25}mU^2$ ... (ix)

সুতরাং, হিলিয়াম পরমাণুর গতিশক্তির শতকরা পরিবর্তন

$$=\frac{\triangle E}{E}\times 100=\frac{\frac{32}{25}mU^2}{2mU^2}\times 100=64\%$$

(b) সমীকরণ (v) হইতে লেখা যায় যে, সংঘাতের পর হাইড্রোজেন পরমাণুর গতিবেগ, $v_2=U+v_1=U+\frac{3}{5}U$ [(vii) হইতে]

বা, $v_2=\frac{8}{5}U$

67. মনে করি, 3 এবং 2 নং ভারের সংযোজী সূতার টান T এবং সংস্থার বস্তুগুলির সাধারণ ত্বরণ f (চিত্র 65)। তাহা হইলে 3 নং ভারটির গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়, $T-Mg=Mf$ ... (i)

আবার, 1 এবং 2 নং ভারের গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$2Mg-T=2Mf$ ... (ii)

সমীকরণ (i) এবং (ii) যোগ করিয়া পাই,

$Mg=3Mf$ বা, $f=\frac{g}{3}$ ... (iii)

এখন, 1 এবং 2 নং ভারদ্বয়ের সংযোজী সূতার টান T′ হইতে লেখা যায়,

$Mg-T'=Mf$

বা, $Mg-T'=M\times\frac{g}{3}$ [(ii) হইতে]

বা, $T'=\frac{2}{3}Mg$

চিত্র 65

68. মনে করি, কপিকল P-এর সাপেক্ষে 2ω ওজনটি নিম্নাভিমুখী α ত্বরণে নামিতেছে (চিত্র 66)। ধরা যাক, P কপিকলটির ঊর্ধ্বমুখী ত্বরণ β। কাজেই, 3ω ওজনটির নিম্নাভিমুখী ত্বরণও β হইবে।

2ω ওজনের প্রকৃত ত্বরণ (অর্থাৎ, স্থির কপিকল P-এর সাপেক্ষে বা ভূমির সাপেক্ষে ত্বরণ) হইল $(\alpha-\beta)$।

কাজেই, লেখা যায়, $(2\omega-T)=\frac{2\omega}{g}(\alpha-\beta)$ ... (i)

ω ওজনটির ঊর্ধ্বমুখী ত্বরণ $(\alpha+\beta)$ এবং উহার উপর ক্রিয়াশীল ঊর্ধ্বমুখী বল $(T-\omega)$ বলিয়া লেখা যায়,

$$(T-\omega)=\frac{\omega}{g}(\alpha+\beta) \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

কপিকল P′ এবং তৃতীয় ওজনটির সহিত যুক্ত সূতার টান 2T এবং এই ওজনটির গতীয় সমীকরণ হইবে

$$(3\omega-2T)=\frac{3\omega}{g}\beta \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

সমীকরণ (ii)-কে 2 দ্বারা গুণ করিয়া (i)-এর সহিত যোগ করিয়া পাই,

$$T=\frac{4\omega}{g}\alpha \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

চিত্র 66

কাজেই, (ii) হইতে লেখা যায়, $\frac{4\omega}{g}\alpha-\omega=\frac{\omega}{g}(\alpha+\beta)$

বা, $3\alpha-g=\beta \quad \cdots \quad \text{(v)}$

(iii) নং সমীকরণে T-এর মান বসাইয়া পাই,

$$3g-8\alpha=3\beta \quad \cdots \quad \text{(vi)}$$

(v) এবং (vi) সমাধান করিয়া পাই, $\beta=\frac{g}{17}$

69. ধরি, কপিকল P-এর সাপেক্ষে (চিত্র 67) ওজন 4ω-এর নিম্নাভিমুখী ত্বরণ $=f$।

কাজেই, ω-ওজনের ঊর্ধ্বাভিমুখী ত্বরণ $=f$

মনে করি, সূতার টান $=T$; তাহা হইলে 4ω ওজনটির গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায় যে,

$$4\omega-T=\left(\frac{4\omega}{g}\right)\times f \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

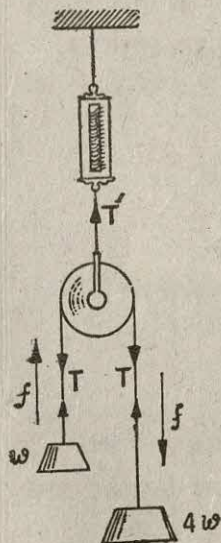
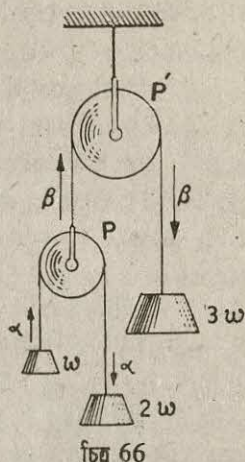
অনুরূপভাবে, ω ওজনটির গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$T-\omega=\frac{\omega}{g}\times f \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

(ii)-কে 4 দ্বারা গুণ করিয়া পাই,

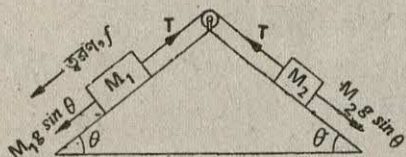
$$4T-4\omega=\frac{4\omega}{g}f \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

চিত্র 67

(i) হইতে (iii) বিয়োগ করিয়া পাওয়া যায়, $8\omega-5T=0$ বা, $T=\frac{8}{5}\omega$

কাজেই, কপিকলটিকে যে-স্প্রিং তুলা হইতে ঝুলাইয়া দেওয়া হইয়াছে, উহার পাঠ, $T'=2T=2\times\frac{8}{5}\omega=3\cdot2\omega$

● **অনুরূপ প্রশ্ন :** উপেক্ষণীয় ওজনবিশিষ্ট একটি কপিকলকে একটি স্প্রিং-তুলা হইতে ঝুলাইয়া দেওয়া হইয়াছে। একটি সূতার দুই প্রান্তে যথাক্রমে 1 kg এবং 5 kg ভার যুক্ত করা রহিয়াছে। সূতাটি কপিকলের উপর দিয়া গিয়াছে। ভার দুইটি অভিকর্ষের প্রভাবে চলিতেছে। উহাদের গতির সময় স্প্রিং-তুলার পাঠ $1+5=6$ kg হইবে কি ?

[A pulley of negligible weight is suspended by a spring balance-Weights of 1 kg and 5 kg respectively are attached to the opposite ends of a string which passes over the pulley and the weights move due to gravity. During their motion, will the spring balance read 1+5=6 kg ?] [উত্তর : না, স্প্রিং-তুলার পাঠ=3·33 kg-wt]

70. মনে করি, M_1 এবং M_2 ভরদ্বয়ের সহিত যুক্ত সূতার টান T এবং নততল বরাবর ভরদ্বয়ের ত্বরণ f (চিত্র 68)।

চিত্র 68

সুতরাং নততলের উপর দিয়া M_1 ভরবিশিষ্ট বস্তুর গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$M_1g\sin\theta-T=M_1f \quad \cdots \quad (i)$$

আবার, M_2 ভরবিশিষ্ট বস্তুটির গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$T-M_2g\sin\theta=M_2f \quad \cdots \quad (ii)$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) যোগ করিয়া পাই,

$$(M_1-M_2)g\sin\theta=(M_1+M_2)f$$

$$\text{বা,}\quad f=\left(\frac{M_1-M_2}{M_1+M_2}\right)g\sin\theta \quad \cdots \quad (iii)$$

স্থির অবস্থা হইতে যাত্রা শুরু করিয়া যখন M_1 এবং M_2 ভরবিশিষ্ট বস্তুদ্বয় D দূরত্ব অতিক্রম করে তখন উহাদের গতিবেগ v হইলে লেখা যায়, $v^2=2f\text{D}$

$$\text{বা,}\quad v=\sqrt{2f\text{D}}=\sqrt{2\text{D}g\left(\frac{M_1-M_2}{M_1+M_2}\right)\sin\theta}$$

ইহাই M_1 এবং M_2 ভরবিশিষ্ট বস্তু দুইটির নির্ণেয় গতিবেগ।

71. মনে করি, বস্তু দুইটির সহিত যুক্ত সূতার টান T এবং নততলের বরাবর বস্তুদ্বয়ের ত্বরণ f (চিত্র 69)। প্রশ্নের শর্তানুসারে, $\phi>\theta$; কাজেই অনুভূমিক তলের সহিত ϕ কোণে আনত নততলে অবস্থিত m ভরবিশিষ্ট বস্তুটি নততল বাহিয়া নিচে নামিতে থাকিবে এবং θ কোণে আনত নততলে অবস্থিত বস্তুটি উপরে উঠিতে থাকিবে।

অনুভূমিক তলের সহিত ϕ কোণে আনত নততলে অবস্থিত বস্তুটির গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়, $mg \sin \phi - T = mf$ ... (i)

আবার, θ কোণে আনত নততলে অবস্থিত বস্তুটির গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$T - mg \sin\theta = mf \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

চিত্র 69

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে T অপনয়ন (eliminate) করিয়া পাই,

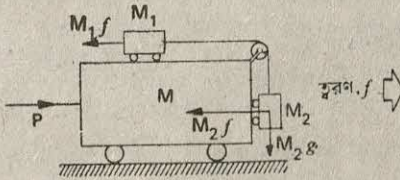
$$f = g\ (\sin \phi - \sin \theta)/2 \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

স্থির অবস্থা হইতে শুরু করিয়া বস্তুদ্বয় যখন নততল বরাবর d দূরত্ব যায় তখন উহাদের গতিবেগ v হইলে লেখা যায়, $v^2 = 2fd$ বা, $v = \sqrt{2fd}$

সমীকরণ (iii) হইতে f-এর মান বসাইয়া পাই, $v = \sqrt{gd\ (\sin \phi - \sin \theta)}$

72. M ভরের উপর অনুভূমিক অভিমুখে P বল প্রয়োগ করিলে বলের অভিমুখে M_1, M_2 এবং M দ্বারা গঠিত সংস্থার একটি ত্বরণ সৃষ্টি হয় (চিত্র 70)। এই ত্বরণের মান f হইলে লেখা যায়,

$$P = (M + M_1 + M_2)f \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

M ভরের ত্বরণ হইতেছে বলিয়া ইহার উপরিস্থ ভর M^1-এর উপর অনুভূমিক রেখা বরাবর P বলের ক্রিয়াভিমুখের বিপরীত দিকে একটি অলীক বল (pseudo force) ক্রিয়া করে। এই বলের মান $M_1 f$-এর সমান। M_2 ভরের উপরও P-এর বিপরীত দিকে একটি অলীক বল $M_2 f$ ক্রিয়া করিবে, কিন্তু M_1 ভরের উপর এই বলের কোন প্রভাব নাই। স্পষ্টতই, $M_1 f = M_2 g$ হইলে M_1 এবং M_2 বস্তুদ্বয় M-এর সাপেক্ষে স্থির অবস্থায় থাকিবে। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে

চিত্র 70

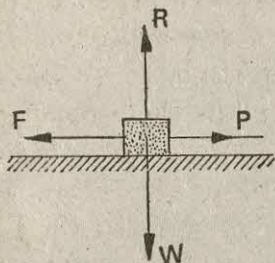
$$f = \frac{M_2}{M_1} g \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) হইতে f-এর মান বসাইয়া পাই,

$$\frac{P}{M + M_1 + M_2} = \frac{M_2}{M_1} g$$

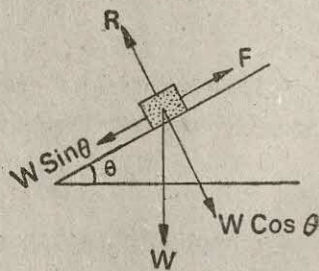
বা, $P = M_2(M + M_1 + M_2)g/M_1$

73. একটি অনুভূমিক টেবিলের উপর একটি ব্লক রাখা হইল (চিত্র 71)। ইহাকে একটি তারের সহিত যুক্ত করিয়া উহার সাহায্যে ব্লকটির উপর টেবিলের সমান্তরাল একটি বল (P) প্রয়োগ করা হইল। এই বলের মান যদি খুব কম হয়

তাহা হইলে ব্লকটি টেবিলের উপর দিয়া গতিশীল না-ও হইতে পারে। ব্লকের ওজন W এবং টেবিলের লম্ব-প্রতিক্রিয়া R স্পর্শতলের সহিত লম্বভাবে ক্রিয়া করে। P বলের বিপরীত দিকে কোন বল ক্রিয়া না করিলে এই বল প্রয়োগ করিবার সঙ্গে সঙ্গেই ব্লকটি গতিশীল হইত। কিন্তু কার্যত দেখা যায় যে, P-বল একটি নির্দিষ্ট সীমা অতিক্রম করিলে তবেই ব্লকটি চলিতে আরম্ভ করিবে। ইহা হইতে বুঝা যাইতেছে যে, একটি নির্দিষ্ট সীমা অতিক্রম করিবার পূর্ব পর্যন্ত ঘর্ষণ-বল (F) প্রযুক্ত বল P-এর সমান হইবে। ঐ সীমার মধ্যে থাকিয়া P-এর মান ধীরে ধীরে বাড়াইতে থাকিলে ঘর্ষণ-বল F-এর মানও ধীরে ধীরে বাড়ে এবং সর্বদাই P-বলকে প্রশমিত করে। সুতরাং বলা যায় যে, প্রযুক্ত বল P-এর মান নির্দিষ্ট সীমায় না পৌঁছান পর্যন্ত ঘর্ষণ-বল (F) আপনা হইতেই নিজের মান নিয়ন্ত্রণ করে। অর্থাৎ, প্রযুক্ত বলের একটি নির্দিষ্ট মান পর্যন্ত ঘর্ষণ-বল স্ব-নিয়ন্ত্রক।

চিত্র 71

অনুরূপ প্রশ্ন : একটি মেঝের উপর একটি চেয়ার বসান আছে। উহাদের মধ্যে কখন ঘর্ষণ-বল ক্রিয়া করিবে ? এই বল কোথায় ক্রিয়া করিবে ? এই ঘর্ষণ-বলের মান কি ধ্রুবক ?

[A chair is resting on the floor. When would force due to friction act between them ? Where does this force act ? Is this force constant in magnitude ?] (H. S. 1963)

74. অনুভূমিক তলের সহিত আনতভাবে অবস্থিত কোন সমতল পৃষ্ঠের উপর কোন বস্তুকে স্থাপন করা হইলে উহার ওজন W-এর একটি উপাংশ ঐ পৃষ্ঠের তল বরাবর নিচের দিকে ক্রিয়া করে। ওজনের এই উপাংশের মান ঘর্ষণ-বলের প্রান্তিক মান অপেক্ষা বেশি হইলে বস্তুটি আর ঐ পৃষ্ঠে সাম্যাবস্থায় থাকিতে পারিবে না। মনে করি, একটি নততলের উপর W ওজনবিশিষ্ট একটি বস্তু স্থাপন করা হইল। নততলটি অনুভূমিক তলের সহিত θ কোণে আনত (চিত্র 72)।

চিত্র 72

বস্তুর ওজনের একটি উপাংশ (W cos θ) নততলের উপর লম্বভাবে ক্রিয়া করিতেছে। ইহার অপর উপাংশটি (W sin θ) ব্লকটিকে নিচের দিকে নামাইতে চাহিতেছে। ঘর্ষণ-বল (F) ইহার বিরুদ্ধে ক্রিয়া করিতেছে।

নততলের উপর বস্তুটির সাম্য বিবেচনা করিলে লেখা যায়, $F = W \sin\theta$

অনুভূমিক তলের সহিত উক্ত তলের নতি θ-কোণের মান ধীরে ধীরে বাড়াইতে থাকিলে W $\sin\theta$-এর মানও বাড়িবে, সেই সঙ্গে ঘর্ষণ-বল F-এর মানও বাড়িবে [লক্ষণীয় যে, একটি নির্দিষ্ট মান পর্যন্ত ঘর্ষণ-বল স্ব-নিয়ন্ত্রক (self-adjusting)]। কিন্তু ঘর্ষণ-বল অনির্দিষ্ট মান পর্যন্ত বাড়িতে পারে না। এক সময় W $\sin\theta$-মান ঘর্ষণ-বলের প্রান্তিক মানের সমান হয়। ইহার পর নতিকোণ θ-এর মান আরও বৃদ্ধি করিলে F-এর মান আর বৃদ্ধি পায় না। এই সময় W $\sin\theta$-এর মান ঘর্ষণ-বল অপেক্ষা বেশি হয় বলিয়া বস্তুটি নিচের দিকে নামিতে থাকে। অর্থাৎ, যখন $W\sin\theta > F_{max}$, তখন বস্তুটি আর নততলের উপর সাম্যাবস্থায় থাকিতে পারে না।

75. আমরা জানি যে, স্থিত ঘর্ষণের মান $F_{max}=\mu R$, R=স্পর্শতলের লম্ব-প্রতিক্রিয়া 72 নং চিত্র হইতে লেখা যায়, $R=W\cos\theta$

$$\therefore \quad F_{max}=\mu W\cos\theta \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

যখন বস্তুটি নততল বরাবর নিচে নামিবার উপক্রম করে,

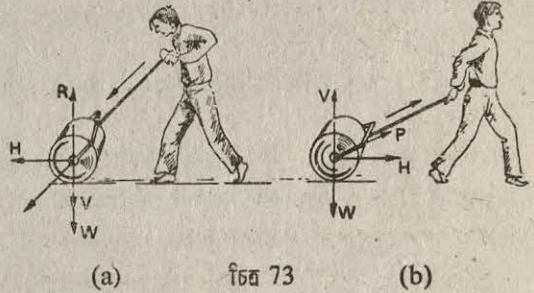
তখন, $W\sin\theta=F_{max}$ (74 নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য)

বা, $W\sin\theta=\mu W\cos\theta$ [সমীকরণ (i) হইতে]

বা, $\theta=\tan^{-1}\mu$

যখন বস্তুটি নততল বরাবর নিচে নামিতে থাকে, তখন $W\sin\theta > F_{max}$

বা, $W\sin\theta > \mu W\cos\theta$ বা, $\theta > \tan^{-1}\mu$

76. রোলার ঠেলিবার সময় কোন ব্যক্তি রোলারের হাতলে যে-বল প্রয়োগ করে তাহা মাটির উপর নিম্নাভিমুখে তির্যগ্‌ভাবে পড়ে [চিত্র 73 (a)]। ইহার উল্লম্ব উপাংশটি নিম্নাভিমুখী ক্রিয়া করে। রোলারের ওজন এবং ব্যক্তি-কর্তৃক প্রযুক্ত বলের এই উপাংশটি একই দিকে ক্রিয়া করায় মাটির উপর রোলার-কর্তৃক প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী বলের পরিমাণ উহার ওজন অপেক্ষা বেশি হয়। এই বলের মান (W+V)-এর সমান, এখানে W=রোলারের ওজন এবং V=ব্যক্তি-কর্তৃক প্রযুক্ত বল P-এর উল্লম্ব উপাংশ। কাজেই এক্ষেত্রে মাটির লম্ব প্রতিক্রিয়ার মান, R=(W+V)। ঘর্ষণ-গুণাঙ্কের মান μ হইলে রোলারকে ঠেলিয়া লইয়া যাইবার সময় ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-জনিত বিরুদ্ধ বল,

(a) চিত্র 73 (b)

$$F_1=\mu[W+V] \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

রোলার টানিবার সময় ব্যক্তি যে-বল প্রয়োগ করে উহার উল্লম্ব উপাংশ ঊর্ধ্বমুখী অর্থাৎ, ইহা রোলারের ওজনের বিপরীতদিকে ক্রিয়া করে [চিত্র 73 (b)]। সুতরাং, মাটির উপর রোলার-কর্তৃক প্রযুক্ত বলের মান পূর্বাপেক্ষা কম হয়। এক্ষেত্রে, রোলার-কর্তৃক মাটির উপর প্রযুক্ত বল এবং মাটির লম্ব-প্রতিক্রিয়া (W − V)-এর সমান।

সুতরাং, রোলারকে টানিয়া লইয়া যাইবার সময় রোলারের গতির বিরুদ্ধে ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-জনিত বল, $F_2=\mu\,[W-V]$ ... (i)

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে স্পষ্টতই দেখা যাইতেছে যে, $F_2 < F_1$

অর্থাৎ, রোলারকে ঠেলিয়া যাইতে যে-ঘর্ষণ-জনিত বাধা অতিক্রম করিতে হয় রোলারটিকে টানিয়া লইয়া যাইতে তদপেক্ষা কম বাধা অতিক্রম করিতে হয়। এইজন্য রোলার ঠেলা অপেক্ষা রোলার টানা সহজতর।

77. যখন কোন বস্তু অপর একটি বস্তুর উপর দিয়া ঘষিয়া আগাইতে থাকে তখন যে-ঘর্ষণ-বল ক্রিয়া করে তাহাকে চল-ঘর্ষণ বলা হয়। একটি বস্তু যখন অন্য কোন বস্তুর উপর দিয়া গড়াইয়া যায় তখন উহাদের আপেক্ষিক গতির বিরুদ্ধে যে-বাধা ক্রিয়া করে তাহাকে আবর্ত ঘর্ষণ বলা হয়। চল-ঘর্ষণ অপেক্ষা আবর্ত ঘর্ষণের মান অনেক কম। এইজন্য কোন বস্তুকে টানিয়া স্থানান্তরে লইয়া যাইতে হইলে যে-ঘর্ষণ-বল অতিক্রম করিতে হয়, উহাকে চাকার উপর বসাইয়া টানিয়া স্থানান্তরে লইয়া যাইতে তদপেক্ষা কম ঘর্ষণ-বল অতিক্রম করিতে হয়।

78. (i) ব্লকটিকে উপরে তুলিতে চাহিলে ঘর্ষণ-জনিত বাধা নিচের দিকে ক্রিয়া করিবে। কাজেই বস্তুটিকে সমবেগে উপরে তুলিতে হইলে উপরের দিকে যে-বল প্রয়োগ করিতে হইবে তাহার মান ব্লকটির ওজন এবং ঘর্ষণ-বলের যোগফলের সমান হইবে।

চিত্র 74

এক্ষেত্রে ঘর্ষণ-বল, $F=\mu\times R$, এখানে $\mu=$ ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক

এবং $R=$ দেওয়ালের লম্ব-প্রতিক্রিয়া $=\dfrac{W}{2}$

$$\therefore\quad F=\mu\times\frac{W}{2}=0{\cdot}2\times\frac{W}{2}=0{\cdot}1\ W \quad \cdots \quad (i)$$

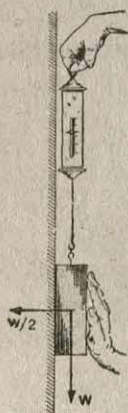
কাজেই, ব্লকটিকে সমবেগে উপরের দিকে তুলিতে হইলে ব্লকটির উপর যে-ঊর্ধ্বাভিমুখী বল প্রয়োগ করিতে হইবে তাহার মান

$P_1=W+F=W+0{\cdot}1\ W$ [সমীকরণ (i) হইতে]

বা, $P_1=1{\cdot}1\ W$

(ii) ব্লকটি যখন নিচের দিকে নামিতে থাকে তখন ঘর্ষণ-বল ঊর্ধ্বাভিমুখে ক্রিয়া করে। ব্লকের ওজন (W) নিম্নাভিমুখে ক্রিয়াশীল। কাজেই, বলের উপর ক্রিয়াশীল নিম্নাভিমুখী লব্ধি বল ব্লকের ওজন এবং ঘর্ষণ-বলের অন্তরফলের সমান। কাজেই, যে-ঊর্ধ্বমুখী-বল প্রয়োগ করিলে ব্লকটি নিম্নাভিমুখে সমবেগে নামিতে থাকিবে তাহার মান

$$P_2=W-F=W-0{\cdot}1W=0{\cdot}9W$$

79. হাঁটিবার সময় কোন ব্যক্তি ভূমির উপর হেলানভাবে চাপ দেয় বা বল প্রয়োগ করে। প্রতিক্রিয়া রূপে ভূমিও ঐ বলের বিপরীত দিকে ঐ ব্যক্তিকে ঠেলিয়া

দেয়। ভূমির প্রতিক্রিয়ার অনুভূমিক উপাংশ ব্যক্তিকে সামনের দিকে আগাইয়া দেয়, মসৃণ রাস্তায় ঘর্ষণ-জনিত বাধা কম বলিয়া ভূমির উপর প্রযুক্ত বলের অনুভূমিক উপাংশের মান খুব বেশি বাড়াইতে গেলে পা হড়্কাইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। ফলে মসৃণ রাস্তার উপর দিয়া খুব দ্রুত হাঁটা যায় না।

80. লেদ মেশিনে কাটিং টুল (cutting tool)-এর সাহায্যে কোন ধাতুখণ্ড কাটিবার সময় ঘর্ষণ-জনিত বাধার বিরুদ্ধে কার্য করিতে হয়। ইহার ফলে যে-যান্ত্রিক শক্তি ব্যয়িত হয় তাহা তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হইয়া ঐ ধাতুখণ্ড ও কাটিং টুল-এর উষ্ণতা বৃদ্ধি করে। উত্তপ্ত অবস্থায় কাটিং টুল-এর কাঠিন্য হ্রাস পায়। কাজেই এই অবস্থায় মেশিন চালাইলে কাটিং টুল ক্ষতিগ্রস্ত হইতে পারে। ঘর্ষণের অন্যতম কারণ হইল ঘর্ষণে লিপ্ত বস্তুদ্বয়ের অমসৃণতা এবং উহাদের স্পর্শতলের উঁচু-নীচু খাঁজগুলির পরস্পর আট্কাইয়া যাওয়া। দুই স্পর্শতলের মধ্যে কোন পিচ্ছিলকারী তেল ব্যবহার করিলে বস্তুদ্বয়ের পৃষ্ঠদেশের খাঁজগুলি ভরাট হয় এবং ইহাতে দুই বস্তুর স্পর্শতলে ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-বলের মান কমিয়া যায়। পিচ্ছিলকারী তরলের অপর একটি ব্যবহার হইল ঘর্ষণের ফলে উৎপন্ন তাপের অপসারণ। পিচ্ছিলকারী তরল ব্যবহার করিলে ধাতুখণ্ড এবং কাটিং টুল-এর উষ্ণতা খুব বাড়িতে পারে না। ফলে, যন্ত্রপাতির ক্ষতিগ্রস্ত হইবার সম্ভাবনা থাকে না।

81. মনে করি, দ্বিতীয় বস্তুটির উপর একটি অতিক্ষুদ্র বল P ক্রিয়া করিতেছে যাহাতে প্রথম বস্তুটি দ্বিতীয় বস্তুটির উপর দিয়া পিছ্লাইয়া না যায়। তাহা হইলে ভূমির উপর দিয়া বস্তুদ্বয় যে-ত্বরণ লইয়া চলিতে থাকে তাহার মান

$$a=\frac{\mathrm{P}}{\mathrm{M}+m} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এই সময় m ভরবিশিষ্ট বস্তুটির উপর (প্রথম বস্তুটির উপর) ক্রিয়াশীল বল$=ma=\frac{m\mathrm{P}}{\mathrm{M}+m}$ [(i) হইতে]

প্রথম এবং দ্বিতীয় বস্তুর স্পর্শতলের ঘর্ষণই এই বল যোগাইতেছে। প্রথম বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-বলের মান F হইলে লেখা যায়,

$$\mathrm{F}=ma=\frac{m\mathrm{P}}{\mathrm{M}+m} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

এখন, P-এর মান ধীরে ধীরে বাড়াইতে থাকিলে a-র মান বাড়িবে, সেই সঙ্গে প্রথম বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-বলও বাড়িবে। কিন্তু ঘর্ষণ-বল অনির্দিষ্ট কাল বাড়িতে পারে না। প্রথম ও দ্বিতীয় বস্তুর স্পর্শতলে ঘর্ষণ-গুণাঙ্কের মান μ বলিয়া F-এর সর্বোচ্চ মান, $\mathrm{F}_{max}=\mu\,\mathrm{R}=\mu mg$ ··· (iii)

এখানে, R হইল প্রথম বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল লম্ব-প্রতিক্রিয়া এবং g হইল অভিকর্ষজ ত্বরণ।

কাজেই, P-এর যে-সর্বোচ্চ মান পর্যন্ত বস্তুদ্বয় একটি যুগ্মবস্তুর ন্যায় একত্রে চলিবে তাহা নিম্নের সমীকরণ হইতে পাওয়া যাইবে

$$\mu mg = \frac{Pm}{M+m}$$

উপরি-উক্ত সমীকরণ হইতে পাই, $P=\mu(M+m)\,g$ ... (iv)

দ্বিতীয় বস্তুর উপর বল P-এর মান ইহা অপেক্ষা বেশি হইলে প্রথম বস্তুটি দ্বিতীয় বস্তুটির উপর দিয়া পিছ্‌লাইয়া যাইবে। সুতরাং P-এর যে-ন্যূনতম মানের জন্য প্রথম বস্তুটি পিছলাইয়া যাইতে আরম্ভ করিবে, P-এর সেই মানও সমীকরণ (iv) হইতে পাওয়া যাইবে।

82. মনে করি, a হইল বস্তুটির এবং b হইল ব্লকটির ত্বরণ। যদি বস্তুটি ব্লকটির উপর দিয়া বিসর্প গতিতে চলমান হয় (slides) তাহা হইলে $b>a$ হইবে।

ব্লকটি ও বস্তুটির গতীয় সমীকরণগুলি নিম্নরূপ ঃ

$$ma=P \quad \cdots \quad (i)$$

$$Mb=F-P \quad \cdots \quad (ii)$$

এখানে P হইল চল ঘর্ষণ-বল। ব্লক ও বস্তুর মধ্যে চল ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক μ হইলে লেখা যায়,

$$P=\mu mg \quad \cdots \quad (iii)$$

সুতরাং, সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$\left.\begin{aligned} a&=\mu g \\ \text{এবং}\quad b&=\frac{F-\mu mg}{M} \end{aligned}\right\} \quad \cdots \quad (iv)$$

ব্লকের সাপেক্ষে বস্তুর ত্বরণ $=f=(b-a)$

$$=\frac{F-\mu mg}{M}-\mu g=\frac{F-\mu g\,(M+m)}{M} \quad \cdots \quad (v)$$

বস্তুটি যদি t সময়ে ব্লকের এক প্রান্ত হইতে অন্য প্রান্তে আসে তাহা হইলে লেখা যায়, $l=\frac{1}{2}\,ft^2$

$\therefore$ (v) হইতে f-এর মান বসাইয়া পাই,

$$t=\sqrt{\frac{2Ml}{F-\mu g\,(M+m)}}$$

83. নততলটির উপরের অর্ধাংশ (AB) ঘর্ষণহীন। ধরি নিচের অর্ধাংশে (BC অংশে) ঘর্ষণ গুণাঙ্ক$=\mu$ এবং $AB=BC=l$ (চিত্র 75)।

AB অংশে ঘর্ষণ নাই বলিয়া A হইতে B বিন্দুতে আসিতে বস্তুটির স্থিতিশক্তির যে-হ্রাস ঘটিবে B বিন্দুতে বস্তুটির গতিশক্তি তাহাই হইবে।

মনে করি, বস্তুটির ভর m এবং B বিন্দুতে ইহার বেগ v। তাহা হইলে লেখা যাইবে, $\frac{1}{2}\,mv^2=mgl\sin\theta$ ... (i)

এখানে θ হইল অনুভূমিক রেখার সহিত নততলটির আনতি এবং g হইল অভিকর্ষজ ত্বরণ।

চিত্র 75

BC অংশে বস্তুটির গতির বিপরীত অভিমুখে ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-বল $=\mu\, mg \cos\theta$ ... (ii)

কাজেই, BC অংশে বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বল,

$P=(\mu\, mg \cos\theta - mg \sin\theta)$

এই বিরুদ্ধ বলের ক্রিয়ায় বস্তুটি C বিন্দুতে স্থির অবস্থায় আসে।

কাজেই, P বলের বিরুদ্ধে কৃত কার্য বস্তুটির প্রারম্ভিক গতিশক্তি (B বিন্দুতে গতিশক্তি) $\frac{1}{2}mv^2$-এর সমান হইবে। অর্থাৎ,

$$\tfrac{1}{2}.mv^2 = P.l = (\mu\, mg \cos\theta - mg \sin\theta).\, l \qquad \text{... (iii)}$$

সমীকরণ, (i) এবং (iii) হইতে পাই,

$$mgl \sin\theta = \mu\, mgl \cos\theta - mgl \sin\theta$$

$$\text{বা, } \tan\theta = \frac{\mu}{2} \qquad \text{... (iv)}$$

এখন, সীমান্থ ঘর্ষণ-বল এবং বস্তুটির ওজনের অনুপাত

$$r = \frac{\mu\, mg \cos\theta}{mg} = \mu \cos\theta \qquad \text{... (v)}$$

(iv) এবং (v) হইতে পাই, $r = \mu \cos\theta = 2 \tan\theta \times \cos\theta$

$$\text{বা, } r = 2 \sin\theta \qquad \text{... (vi)}$$

আবার, (iv) হইতে লেখা যায়,

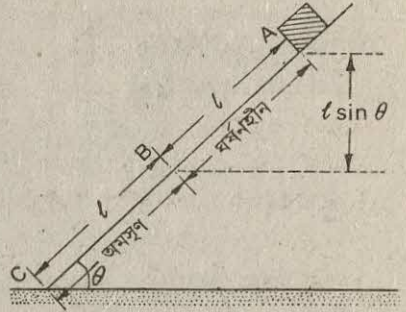
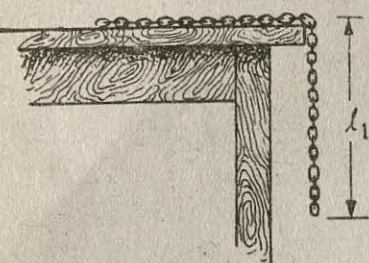
$$\frac{\sin\theta}{\sqrt{1-\sin^2\theta}} = \frac{\mu}{2} \quad \text{বা, } \quad \frac{\sin^2\theta}{1-\sin^2\theta} = \frac{\mu^2}{4}$$

$$\text{বা, } \sin^2\theta\left(1+\frac{\mu^2}{4}\right) = \frac{\mu^2}{4} \quad \text{বা, } \sin^2\theta = \frac{\mu^2}{\mu^2+4}$$

$$\text{বা, } \sin\theta = \frac{\mu}{\sqrt{\mu^2+4}} \qquad \text{... (vii)}$$

সমীকরণ (vi) এবং (vii) হইতে পাই,

$$r = \frac{\text{সীমান্থ ঘর্ষণ-বল}}{\text{বস্তুর ওজন}} = 2 \sin\theta = \frac{2\mu}{\sqrt{\mu^2+4}}$$

84. যখন l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট শৃঙ্খলের এক অংশ টেবিল হইতে ঝুলিতেছে (চিত্র 76) এবং অপর অংশ টেবিলে রহিয়াছে, তখন শৃঙ্খলের উপর দুইটি বল ক্রিয়া করে

যথা—(i) ঝুলন্ত অংশের উপর অভিকর্ষজ বল এবং (ii) শৃঙ্খলের যে-অংশ টেবিলের উপর রহিয়াছে উহার সহিত টেবিলের ঘর্ষণ-জনিত বল। প্রশ্নের শর্তানুসারে, যখন শৃঙ্খলের l_1 দৈর্ঘ্য ঝুলন্ত অবস্থায় থাকে তখন যে-ঘর্ষণ-বল ঝুলন্ত অংশের ওজনকে প্রতিমিত করে (balances) উহার মান সর্বোচ্চ। অর্থাৎ, এই অবস্থায় ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-বল সীমাস্থ ঘর্ষণ-বলের সমান।

চিত্র·76

শৃঙ্খলের প্রতি একক দৈর্ঘ্যের ভর σ হইলে এবং স্থিত ঘর্ষণ-গুণাঙ্কের মান μ হইলে উপরি-উক্ত শর্তানুসারে লেখা যায়, $\sigma l_1 g = \mu\sigma\ (l - l_1)\ g$

$$\text{বা,}\quad \mu = \frac{l_1}{l - l_1}$$

85. M এবং m ভরবিশিষ্ট বস্তুদ্বয় একই ত্বরণ f লইয়া চলে। m ভরের বস্তুটির উপর সূতার টান T এবং ইহার ওজন mg ক্রিয়া করে। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র হইতে লেখা যায়,

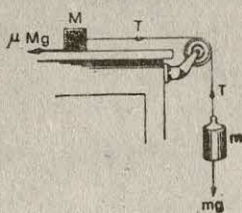
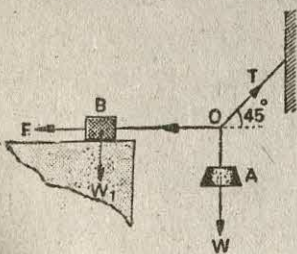
$$mg - T = mf \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

M ভরবিশিষ্ট বস্তুটির উপর ঘর্ষণ-বল μMg এবং সূতার টান T ক্রিয়া করিতেছে (চিত্র 77)। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র হইতে পাই,

$$T - \pi Mg = Mf \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

চিত্র 77

(i) এবং (ii) নং সমীকরণ সমাধান করিয়া পাই,

$$f = \frac{mg - \mu Mg}{M + m} \text{ এবং } T = \frac{M\,mg}{(M + m)}(1 + \mu)$$

86. মনে করি, A ব্লকের ওজন সর্বোচ্চ W হইলে সংস্থাটি সাম্যাবস্থায় থাকিতে পারে। এই অবস্থায় B-ব্লকের উপর ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-বল, $F = \mu W_1$

চিত্র 78

O বিন্দুর (চিত্র 78) সাম্য বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$\mu W_1 = T\ \sin 45^\circ \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

$$\text{এবং } W = T\ \cos 45^\circ \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$\frac{W}{\mu W_1} = \cot 45^\circ = 1 \quad \text{বা, } W = \mu W_1$$

ইহাই A ব্লকের ওজনের নির্ণেয় সর্বোচ্চ মান।

87. এক্ষেত্রে স্থিতিকোণ (angle of repose)-এর মান 30° বলিয়া স্থিত ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক, $\mu_s = \tan 30° = \frac{1}{\sqrt{3}}$

চিত্র 79

ব্লকটি যখন চলিতে আরম্ভ করিল তখন ব্লক ও তক্তার মধ্যে চল-ঘর্ষণ ক্রিয়া করে। চল ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক μ_k হইলে ব্লকটির উপর তক্তার তল বরাবর নিম্নাভিমুখী অসম বল

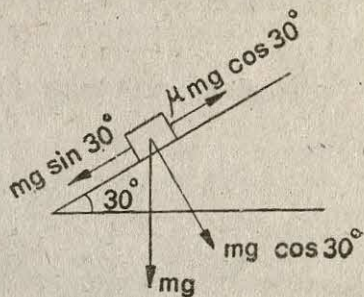
$P = mg \sin 30° - \mu_k mg \cos 30°$

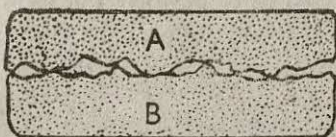
সুতরাং, তক্তার তল বরাবর ব্লকটির ত্বরণ, $f = g\ (\sin 30° - \mu_k \cos 30°)$

4 sec সময়ে ব্লকটি 4m দূরত্ব অতিক্রম করে বলিয়া লেখা যায়,

$s = \frac{1}{2} f \times (4)^2 = 400$ cm বা, $\frac{1}{2} \times g\ (\sin 30° - \mu_k \cos 30°) \times 16 = 400$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} \times 980 \times \left(\frac{1}{2} - \mu_k \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \times 16 = 400$$

$$\text{বা, } (1 - \mu_k \sqrt{3}) = \frac{5}{49} \quad \text{বা, } \mu_k = \frac{44}{49\sqrt{3}}$$

কাজেই, আলোচ্য পরীক্ষার পর্যবেক্ষণগুলি হইতে ছাত্রটি স্থিত ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক এবং চল ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক—ইহাদের উভয়ের মানই নির্ণয় করিতে পারিবে।

88. লম্ব-প্রতিক্রিয়া বাড়িলে কেন ঘর্ষণের মান বাড়ে তাহা সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়। কোন বস্তুই সম্পূর্ণভাবে মসৃণ নয়। যে-সকল বস্তুর পৃষ্ঠদেশ আপাত-দৃষ্টিতে মসৃণ বলিয়া মনে হয় উহাদের পৃষ্ঠেও অতি সূক্ষ্ম শৈল ও উপত্যকা অঞ্চল (hills and valleys) থাকে। শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে ইহাদের দেখা যায় (চিত্র 80)। সুতরাং, একটি বস্তুর উপর অপর একটি বস্তুকে বসান হইলে উহাদের স্পর্শতলের শৈলশিরাগুলি পরস্পরকে স্পর্শ করে মাত্র! অর্থাৎ, এক্ষেত্রে বস্তুদ্বয়ের স্পর্শ-তলের প্রকৃত ক্ষেত্রফল (actual microscopic area of contact) উহাদের স্পর্শতলের আপাত ক্ষেত্রফল (apparent microscopic area of contact) হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন। ঘর্ষণজনিত বাধার মান স্পর্শতলের প্রকৃত ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে। সাধারণভাবে বলা যায় যে, স্পর্শতলের এই প্রকৃত ক্ষেত্রফলের মান লম্ব-প্রতিক্রিয়ার সমানুপাতিক। লম্ব-প্রতিক্রিয়া বৃদ্ধি পাইলে এই ক্ষেত্রফলও বৃদ্ধি পায়, ফলে ঘর্ষণ-বলের মানও একই অনুপাতে বাড়ে।

চিত্র 80

89. কোন গতিশীল গাড়িকে যে-ন্যূনতম দূরত্বের মধ্যে থামান যায় তাহা গাড়ির গতিবেগ এবং রাস্তা ও গাড়ির চাকার ঘর্ষণ-গুণাঙ্কের উপর নির্ভর করে।

ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক μ হইলে গাড়ির গতির বিরুদ্ধে ক্রিয়াশীল সর্বোচ্চ বল, $F_{max}=\mu R$ (চিত্র 81), R = ভূমির লম্ব-প্রতিক্রিয়া। যদি ধরিয়া লওয়া যায় যে, গাড়িটি অনুভূমিক রাস্তা ধরিয়া চলিতেছে তাহা হইলে লেখা যায় যে,

চিত্র 81

R = গাড়ির ওজন, mg

কাজেই, গাড়ির মন্দনের সর্বোচ্চ মান, $f=\dfrac{F_{max}}{m}=\dfrac{\mu\times R}{m}=\dfrac{\mu mg}{m}=\mu g$

মনে করি, গাড়ির প্রাথমিক গতিবেগ $=v_0$

সর্বোচ্চ মন্দন f লইয়া চলিয়া গাড়িটি থামিবার পূর্ব পর্যন্ত x দূরত্ব অতিক্রম করিলে লেখা যায়, $v_0{}^2-2fx=0$

$$\text{বা,}\quad x=\frac{v_0{}^2}{2f}=\frac{v_0{}^2}{2\mu g}\qquad\cdots\qquad\text{(i)}$$

ব্রেক কষিয়া গাড়িকে ন্যূনতম যে-দূরত্বের মধ্যে থামান যায় (i) নং সমীকরণ হইতে তাহার মান পাওয়া যাইতেছে।

দেখা যাইতেছে যে, কোন নির্দিষ্ট রাস্তায় একটি গতিশীল গাড়িকে ন্যূনতম কত দূরত্বের মধ্যে থামান যায় তাহা গাড়ির প্রাথমিক গতিবেগের উপর নির্ভর করে।

রাত্রিতে গাড়ি চালাইবার সময় চালক হেডলাইটের আলোয় সম্মুখের রাস্তা দেখিয়া চলে। সম্মুখে বিপদের সম্ভাবনা দেখিলে চালক ব্রেক কষিয়া গাড়ি থামায়। কাজেই, ব্রেকের সাহায্যে ন্যূনতম যে-দূরত্বের মধ্যে গাড়ি থামান যায় হেডলাইটের পাল্লা তদপেক্ষা কম হইলে দুর্ঘটনার সম্ভাবনা থাকে। মনে করি, গাড়ির হেডলাইটের পাল্লা $=y$

কাজেই, দুর্ঘটনা এড়াইবার জন্য,

$$y\geqslant x\quad\text{বা,}\quad y\geqslant\frac{v_0{}^2}{2\mu g}\qquad\cdots\qquad\text{(ii)}$$

হওয়া প্রয়োজন। সমীকরণ (ii) হইতে লেখা যায় যে,

$$v_0\leqslant\sqrt{2\mu gy}$$

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, রাত্রিতে গাড়ি চালাইবার বিপদসীমা উহার হেডলাইটের পাল্লা দ্বারা নির্ধারিত হয়।

90. 20 নং চিত্রটি দেখ। C-ব্লকটি সমবেগে বাম দিকে চলিলে B-ব্লকটি

ডান দিকে চলিবে। কাজেই সূতার টান (T) B-ব্লকটির উপরের এবং নিচের তলে ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-জনিত বলের সমান হইবে।

কাজেই, $T=\mu\times$ [Aব্লকের ওজন]$+\mu$[A ব্লকের ওজন+B-ব্লকের ওজন]

এখানে, μ=ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক$=0{\cdot}25$

$\therefore$ সূতার টান, $T=0{\cdot}25\times3+0{\cdot}25(3+4)=2{\cdot}5$ kg-wt

যখন C-ব্লকটি বাম দিকে সমবেগে চলিতে থাকে তখন F-এর মান সূতার টান এবং C-ব্লকের দুই তলের উপর ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ-বলের যোগফলের সমান হইবে।

সুতরাং, $F=T+\mu\times$[A ব্লকের ওজন+B ব্লকের ওজন]

$+\mu$[A ব্লকের ওজন+B ব্লকের ওজন+C ব্লকের ওজন]

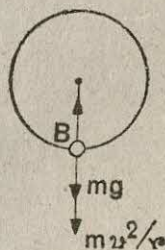
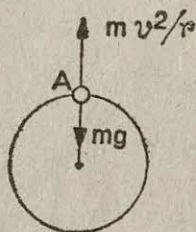
$=2{\cdot}5+0{\cdot}25(3+4)+0{\cdot}25(3+4+8)=8$ kg-wt

91. বস্তুটি যখন উল্লম্ব বৃত্তপথে উহার সর্বোচ্চ অবস্থান A-বিন্দুতে রহিয়াছে তখন বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল অপকেন্দ্র বল এবং বস্তুর ওজন বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে (চিত্র 82)। এই সময় সূতার টান এবং বস্তুর ওজন সম্মিলিতভাবে বস্তুটির অভিকেন্দ্র বল যোগাইতেছে। এই সময় সূতার টান সর্বনিম্ন।

কাজেই, সূতার সর্বনিম্ন টান$=\left(\frac{mv^2}{r}-mg\right)$

যখন বস্তুটি উহার সর্বনিম্ন অবস্থান B-তে রহিয়াছে তখন বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল অপকেন্দ্র বল এবং বস্তুটির ওজন একই দিকে ক্রিয়াশীল। এই সময় সূতার টান সর্বোচ্চ হইবে।

অর্থাৎ, সূতার সর্বোচ্চ টান

$=\frac{mv^2}{r}+mg$

চিত্র 82

92. m ভরবিশিষ্ট বস্তুটি ঘুরিতেছে (চিত্র 83)। সূতার টানের অনুভূমিক উপাংশ এই ঘূর্ণনের জন্য প্রয়োজনীয় অভিকেন্দ্র বল যোগাইতেছে।

কাজেই, সূতার টান T হইলে লেখা যায়,

$$T\sin\theta=\frac{mv^2}{r} \quad \cdots \quad (i)$$

এখন, বস্তুটি যদি n কম্পাঙ্ক লইয়া বৃত্তপথে ঘোরে তাহা হইলে,

$v=2\pi rn$ [r=বৃত্তপথের ব্যাসার্ধ]

(i) নং সমীকরণে v-এর মান বসাইয়া পাই,

$T\sin\theta=m+4\pi^2n^2r=m\times4\pi^2n^2\, l\sin\theta$ [$\because r=l\sin\theta$]

বা, $T=m\times4_\pi{}^2n^2l$

M বস্তুটি যদি সাম্যাবস্থায় থাকে তাহা হইলে স্পষ্টতই, সূতার টান,

T=M ভরের ওজন

চিত্র 83

বা, $m\times4\pi^2n^2l=Mg$, g=অভিকর্ষজ ত্বরণ

বা, $4\pi^2n^2=\frac{Mg}{ml}$ বা, $n=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{Mg}{ml}}$

93. মনে করি, রবারের দড়ির দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি=l_1

কাজেই, যে-বৃত্তপথে গোলকটি ঘুরিতেছে উহার ব্যাসার্ধ, $R=(l_0+l_1)$ (চিত্র 84) এবং দড়িটির টান $F=f_0l_1$। যখন গোলকটি ω কৌণিক বেগে ঘুরিতেছে তখন ইহার উপর ক্রিয়াশীল অভিকেন্দ্র ত্বরণ, $f=\omega^2R=\omega^2(l_0+l_1)$ এবং নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে, $F=mf=m\omega^2R$

F-এবং R-এর মান বসাইয়া পাই, $f_0l_1=m\omega^2(l+l_1)$

বা, $l_1=\frac{m\omega^2l_0}{f_0-m\omega^2}$

কাজেই, দড়ির টান,

$F=f_0l_1-\frac{f_0m\omega^2l_0}{f_0-m\omega^2}$

চিত্র 84

গোলকটির বৃত্তপথের ব্যাসার্ধ,

$$R=l_0+l_1=\frac{l_0f_0}{f_0-m\omega^2}$$

চিত্র 85

94. মোটরগাড়ি বা রেলগাড়ি চলিবার পথে সচল অবস্থায় যখন কোন স্থানে বাঁক লয় তখন উহার উপর অভিকেন্দ্র বল ক্রিয়া করে। অনুভূমিক রাস্তা দিয়া চলমান মোটরগাড়ির ক্ষেত্রে ঘর্ষণই এই অভিকেন্দ্র বল যোগায়। রেলগাড়ির ক্ষেত্রে রেললাইন-কর্তৃক চাকার উপর প্রযুক্ত বলই প্রয়োজনীয় অভিকেন্দ্র বল যোগায়। এইজন্য অভিকেন্দ্র বলের মান খুব বাড়ান যায় না। কাজেই বাঁকের মুখে আস্তে আস্তে না চলিলে গাড়ির হড়্‌কাইয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য অনেক সময় মোড়ের রাস্তার একপাশ একটু নিচু এবং অন্যপাশ একটু উঁচু করিয়া নির্মাণ করা হয়। বাঁকের কেন্দ্র যে-পাশে থাকে রাস্তার সেই পাশ একটু নিচু রাখা হয়।

এই অবস্থায় গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল লম্ব-প্রতিক্রিয়া R-এর অনুভূমিক উপাংশ

গাড়ির অভিকেন্দ্র বল যোগায় (চিত্র 85) অভিকেন্দ্র বল যোগাইবার জন্য রাস্তাকে এইরূপ ঢালু করিয়া নির্মাণ করাকে ব্যাঙ্কিং বলা হয়।

95. বৃত্তপথে সমদ্রুতিতে ভ্রাম্যমাণ বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল অভিকেন্দ্র ত্বরণের অভিমুখ ঐ বৃত্তপথের কেন্দ্রাভিমুখী। বস্তুর গতির অভিমুখ বদলাইলেও এই ত্বরণের অভিমুখের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না।

96. পাথরটি যখন উহার সর্বনিম্ন অবস্থানে আসে তখন সূতার টান সর্বাপেক্ষা বেশি হয়। প্রশ্নের শর্তানুসারে, সূতার টান T অপেক্ষা বেশি হইতে পারে না। মনে করি, পাথরটিকে ω কৌণিক বেগে ঘুরাইলে সর্বনিম্ন অবস্থানে আসিয়া (যখন টান সর্বাপেক্ষা বেশি) সূতাটি ছিঁড়িয়া যায়। এই সময় লেখা যায়,

$$T-mg=m\omega^2 l \quad \cdots \quad (i)$$

এখানে, g = অভিকর্ষজ ত্বরণ।

$$\therefore \quad \omega=\sqrt{\left\{\frac{T-mg}{ml}\right\}} \quad \cdots \quad (ii)$$

যে-মুহূর্তে পাথরটি ছিঁড়িয়া যায় সেই মুহূর্তে উহার গতিবেগ অনুভূমিক এবং এই গতিবেগের মান

$$v=\omega l=l\sqrt{\left\{\frac{T-mg}{ml}\right\}} \quad \cdots \quad (iii)$$

পাথরটি ভূমিতে নামিয়া আসিতে t সময় লইলে লেখা যায়,

$$(h-l)=\tfrac{1}{2}gt^2 \quad \text{বা,} \quad t=\sqrt{\frac{2(h-l)}{g}} \quad \cdots \quad (iv)$$

এই সময়ের মধ্যে পাথরটি অনুভূমিক অভিমুখে যে-দূরত্ব অতিক্রম করে অর্থাৎ, সূতা ছিঁড়িবার পর পাথরটি বালকের অবস্থান হইতে যে-দূরত্বে গিয়া ভূমি স্পর্শ করে উহার মান,

$$s=vt=l\sqrt{\frac{2(h-l)(T-mg)}{mgl}}$$

[সমীকরণ (iii) এবং (iv) হইতে]

97. যখন B গোলকের উপর ক্রিয়াশীল অপকেন্দ্র বল A গোলকের ওজনে সমান তখন গোলক দুইটি সাম্যাবস্থায় থাকিবে (চিত্র 23)। অর্থাৎ, সাম্যাবস্থায়,

$$m\omega^2 r=mg \quad \cdots \quad (i)$$

এখানে, m=প্রতিটি গোলকের ভর, ω=B গোলকের কৌণিক বেগ এবং g = অভিকর্ষজ ত্বরণ। সুতরাং, নির্ণেয় কৌণিক বেগ,

$$\omega=\sqrt{\frac{g}{r}}$$

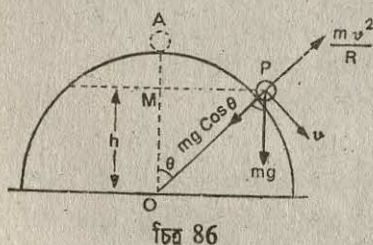
গোলকদ্বয়ের এই সাম্য অস্থির (unstable), কেননা r-এর মান সামান্য বাড়িলে

বা কমিলে গোলকদ্বয় পুনরায় এই সাম্যাবস্থায় ফিরিয়া আসিবার প্রবণতা দেখায় না।

98. গাড়ি যখন বাঁক লয় তখন গাড়ির উপর অভিকেন্দ্র ত্বরণ ক্রিয়া করে। এই ত্বরণের অভিমুখ গাড়ির বক্রপথের কেন্দ্রের দিকে। আমরা জানি যে, ত্বরিত নির্দেশ ফ্রেমে অবস্থিত বস্তুর উপর নির্দেশ ফ্রেমের বিপরীত দিকে অলীক বল (pseudo force) ক্রিয়া করে। এই বলের প্রভাবে গাড়ির আরোহী গাড়ির বক্র-পথের কেন্দ্রের বিপরীত দিকে একটি ত্বরণ লাভ করে। অর্থাৎ, গাড়ির আরোহীর বক্রপথের কেন্দ্রের বিপরীত দিকে যাইবার প্রবণতা দেখা যায়।

99. মনে করি, P বিন্দুতে আসিয়া বস্তুটি গোলীয় তলের সহিত সংস্পর্শ ছিন্ন করে। ইহার অর্থ এই যে, P বিন্দুতে বস্তুর গতিবেগ v এইরূপ যাহাতে ঐ বিন্দুতে বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল অপকেন্দ্র বল $\frac{mv^2}{R}$ উহার ওজন mg-এর অরীয় উপাংশ (radial component) $mg \cos\theta$-এর সমান হইবে।

$$\text{অর্থাৎ} \quad \frac{mv^2}{R} = mg \cos\theta \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

মনে করি, OM$=h$ (চিত্র 79)।

চিত্র 86

শীর্ষ বিন্দু A হইতে m ভরবিশিষ্ট বস্তুটি P বিন্দুতে আসিতে যে-গতিশক্তি লাভ করে তাহা বস্তুটির অভিকর্ষীয় স্থিতি-শক্তির হ্রাসের সমান।

$$\therefore \tfrac{1}{2}mv^2 = mg\ (\text{AM}) = mg\ (R-h)$$

$$\text{বা,} \quad \frac{mv^2}{R} = \frac{2mg\ (R-h)}{R} \quad \cdots \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে লেখা যায়,

$$mg \cos\theta = \frac{2mg}{R}(R-h) \quad \text{বা,} \ \cos\theta = 2\left(1-\frac{h}{R}\right) \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

$$\text{আবার,} \quad \cos\theta = \frac{h}{R} \ (\text{ 86 নং চিত্র হইতে }) \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

(iii) এবং ((iv) হইতে পাই, $\frac{h}{R} = 2 - \frac{2h}{R}$ বা, $\frac{3h}{R} = 2$ বা, $h = \frac{2R}{3}$

সুতরাং, অর্ধ-গোলকের কেন্দ্র হইতে (2R/3) উচ্চতায় বস্তুটি গোলীয় তরলের সহিত উহার সংস্পর্শ ছিন্ন করিবে।

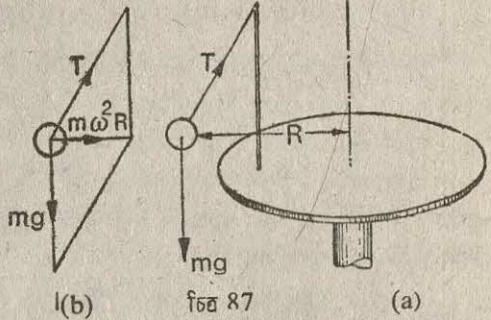
100. সেণ্টিফিউগাল ড্রাইয়ার যন্ত্রে অপকেন্দ্র বলের ক্রিয়া কাজে লাগাইয়া ভিজা কাপড় শুকান হয়। যখন ভিজা কাপড়গুলি সহ চোঙটি দ্রুতগতিতে ঘুরিতে থাকে তখন কাপড়ের মধ্যবর্তী জলকণাগুলির উপর অপকেন্দ্র বল ক্রিয়া করে। এই অপকেন্দ্র বলের ক্রিয়ায় জলকণাগুলি চোঙের অক্ষ হইতে দূরে সরিয়া যায় এবং

চোঙের দেওয়ালের ছিদ্রগুলির মধ্য দিয়া বাহির হইয়া আসে। ফলে ভিজা কাপড়গুলি দ্রুত শুকাইয়া যায়।

101. স্পষ্টতই, সূতার টান, T এবং গোলকের ওজন, mg—এই দুই বলের যুগপৎ ক্রিয়ায় গোলকটি বৃত্তপথে ঘুরিতেছে। কাজেই, T- এবং mg-এর লব্ধি গোলকের উপর ক্রিয়াশীল অভিকেন্দ্র বলের সমান [চিত্র 87 (b)] 87 (b) নং চিত্র হইতে লেখা যায়,

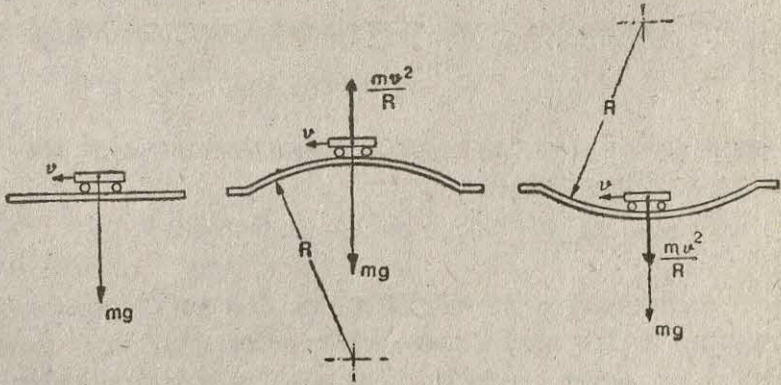
$$m\omega^2 R = mg \tan \alpha \quad \cdots \quad (i)$$

আবার, $R = r + l \sin \alpha \quad \cdots \quad (ii)$

চিত্র 87

∴ ঘূর্ণ্যমান টেবিলের কৌণিক বেগ, $\omega = \sqrt{\dfrac{g \tan \alpha}{r + l \sin \alpha}}$

102. (i) ট্রাকটি যখন অনুভূমিক সেতুর উপর দিয়া যায়, তখন সেতুর উপর ক্রিয়াশীল উল্লম্ব বল P ট্রাকের ওজন mg-এর সমান (g=অভিকর্ষজ ত্বরণ)।

অর্থাৎ, এক্ষেত্রে, $P = mg \quad \cdots \quad (i)$

(ii) ট্রাকটি যখন উত্তল সেতুর উপর দিয়া v গতিবেগে চলিতেছে তখন ট্রাকের উপর একটি অপকেন্দ্র বল ক্রিয়া করিবে। এই অপকেন্দ্র বলের মান

চিত্র 88

(mv^2/R), এখানে R=উত্তল সেতুর ব্যাসার্ধ (চিত্র 88)। সেতুর সর্বোচ্চ বিন্দুতে অপকেন্দ্র বলের অভিমুখ ট্রাকের ওজন mg-এর বিপরীতমুখী (চিত্র 88)। কাজেই এই সময় ট্রাক সেতুর উপর যে-নিম্নাভিমুখী উল্লম্ব বল প্রয়োগ করে তাহার মান

$$P = mg - \frac{mv^2}{R} = m\left(g - \frac{v^2}{R}\right) \quad \cdots \quad (i)$$

(iii) ট্রাকটি যখন অবতল সেতুর উপর দিয়া চলিতেছে তখনও ট্রাকের উপর একটি অপকেন্দ্র বল ক্রিয়া করিবে। অবতল সেতুর সর্বনিম্ন অবস্থানে অপকেন্দ্র বল এবং ওজন—উভয়েই উল্লম্বরেখা বরাবর নিম্নাভিমুখে ক্রিয়া করে। কাজেই, এই সময় সেতুর উপর ট্রাক-কর্তৃক প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী বল

$$P=mg+\frac{mv^2}{R}=m\left(g+\frac{v^2}{R}\right) \quad \cdots \quad (ii)$$

103. চালক যখন ব্রেক কষে তখন ভূমির সহিত চাকার ঘর্ষণে উহার মন্দন সৃষ্টি হয়। ঘর্ষণ-বলের বিরুদ্ধে কৃত কার্য গাড়ির প্রারম্ভিক গতিশক্তির সমান হইলে গাড়িটি থামিয়া যায়। আর, যখন গাড়িটি বাঁক লয়, তখন ভূমির ঘর্ষণ-বল গাড়িটিকে বক্রপথে চলিবার জন্য প্রয়োজনীয় অভিকেন্দ্র বল সরবরাহ করে। কাজেই, যখন ব্রেক কষা হয় তখন থামিবার পূর্ব পর্যন্ত গাড়ি-কর্তৃক কৃত কার্য গাড়ির গতি-শক্তির সমান বলিয়া লেখা যায়, $\frac{1}{2}mv^2=F.s$

এখানে F হইল ঘর্ষণ-বল এবং s হইল ব্রেক কষিবার পর হইতে গাড়ি থামিবার পূর্ব পর্যন্ত গাড়ি-কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব।

$$\text{সুতরাং,}\quad s=\frac{mv^2}{2F}$$

স্পষ্টতই, দেওয়ালের সহিত সংঘাত এড়াইবার জন্য s-এর মান x অপেক্ষা কম বা, x-এর সমান হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ,

$$x=\frac{mv^2}{2F}\leqslant x \quad \text{বা,}\quad F\geqslant\frac{mv^2}{2x} \quad \cdots \quad (i)$$

গাড়িটি যখন বাঁক লয় তখন ঘর্ষণ-বল গাড়ির অভিকেন্দ্র বল সরবরাহ করে বলিয়া লেখা যায়,

$$F=\frac{mv^2}{R}\ (\text{অভিকেন্দ্র বল})$$

এখানে R হইল গাড়ির বক্রপথের ব্যাসার্ধ। দুর্ঘটনা এড়াইবার জন্য R-এর মান x অপেক্ষা কম হওয়া প্রয়োজন।

$$\text{অর্থাৎ,}\quad R=\frac{mv^2}{F}\leqslant x \quad \text{বা,}\quad F\geqslant\frac{mv^2}{x} \quad \cdots \quad (ii)$$

(i) এবং (ii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, ব্রেক কষিয়া একটি নির্দিষ্ট দূরত্বের মধ্যে গাড়িটি থামাইতে প্রয়োজনীয় ঘর্ষণ-বলের ন্যূনতম মান গাড়িটিকে ঐ দূরত্বের মধ্যে বৃত্তপথে ঘুরাইতে প্রয়োজনীয় ন্যূনতম ঘর্ষণ-বলের অর্ধেক। স্পষ্টতই বুঝা যাইতেছে যে, বাঁক লওয়া অপেক্ষা ব্রেক কষাই এক্ষেত্রে অপেক্ষাকৃত শ্রেয়।

104. নিউটনের প্রথম সূত্র হইতে আমরা জানি যে, কোন বস্তুর উপর বাহ্যিক বল ক্রিয়া না করিলে উহার স্থিতিশীল অবস্থা বা সমবেগে সরল পথে চলমান অবস্থার কোন পরিবর্তন হয় না। গতীয় অবস্থার পরিবর্তনে বস্তুর এই অক্ষমতা বা অনীহা জড়বস্তুর একটি মৌলিক ধর্ম। এই ধর্মের নাম জাড্য (inertia)।

স্থির বস্তুকে সচল করিতে চেষ্টা করিলে কিংবা গতিশীল বস্তুর গতিবেগ পরিবর্তনের চেষ্টা করিলে বস্তুর জাড্যই এই গতীয় অবস্থার পরিবর্তনের প্রয়াসকে বাধা দেয়। বস্তুর জাড্য কেবল-যে উহার গতির মান পরিবর্তনের ক্ষেত্রেই বাধা দেয় তাহা নয়, উহার গতিবেগের অভিমুখের পরিবর্তনেও বাধা দেয়। দৈনন্দিন অভিজ্ঞতা হইতে আমরা জানি যে, যে-বস্তুর ভর যত বেশি গতীয় অবস্থার পরিবর্তনে সেই বস্তু তত বেশি বাধার সৃষ্টি করে। অর্থাৎ, বস্তুর ভর যত বেশি হয় উহার গতীয় অবস্থার নির্দিষ্ট পরিবর্তন সাধন করিতে তত বেশি বল প্রয়োজন।

চলনগতির ক্ষেত্রে বস্তুর ভরকেই উহার জাড্যের পরিমাপ ধরা যায়; কেননা, ভরই বস্তুর ত্বরণ সৃষ্টিকে বাধা দেয় (ত্বরণ ধনাত্মকই হোক বা ঋণাত্মক হোক)।

একই ভাবে আবর্তন গতির ক্ষেত্রে আমরা দেখি যে, কোন অক্ষের সাপেক্ষে অবাধে ঘূর্ণনক্ষম কোন বস্তুকে ঘুরাইতে চেষ্টা করিলে বস্তুটি উহার ঘূর্ণন-প্রয়াসকে বাধা দেয়। অর্থাৎ, ঘূর্ণনগতির ক্ষেত্রেও বস্তুর জাড্যধর্ম বর্তমান।

একটি নির্দিষ্ট কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করিতে যে-বস্তুতে যত বেশি মানের টর্ক বা ভ্রামক প্রয়োগ করিতে হইবে আবর্তন গতির ক্ষেত্রে সে-বস্তুর জাড্য তত বেশি—এইরূপ বলা যায়। আবর্তন-গতির ক্ষেত্রে বস্তুর এই জাড্য যে-ভৌত রাশির উপর নির্ভর করে তাহাকে আলোচ্য ঘূর্ণাক্ষ সাপেক্ষে বস্তুটির জাড্য-ভ্রামক (moment of inertia) বলা হয়। দেখা যাইতেছে যে, চলনগতির ক্ষেত্রে ভরের যে-ভূমিকা আবর্তন-গতিতে জাড্য-ভ্রামকের সেই ভূমিকা। ভরকে যদি চলনগতির জাড্য-গুণাঙ্ক (coefficient of inertia) বলি তাহা হইলে জাড্য-ভ্রামককে আবর্তন-গতির জাড্য-গুণাঙ্ক বলা যাইবে।

আবর্তন-গতি ও চলনগতি সংক্রান্ত কয়েকটি সদৃশ রাশির তুলনা করিলেই ভর ও জাড্য-ভ্রামকের সাদৃশ্য স্পষ্ট হইবে।

রৈখিক ভরবেগ = ভর × বেগ ··· (i)

কৌণিক ভরবেগ = জাড্য-ভ্রামক × কৌণিক বেগ ··· (ii)

(i) এবং (ii) নং সমীকরণ হইতে দেখা যাইতেছে যে, কৌণিক বেগ ও কৌণিক ভরবেগকে যথাক্রমে রৈখিক বেগ এবং রৈখিক ভরবেগের সহিত তুলনীয় বলিয়া ভর জাড্য-ভ্রামকের সহিত তুলনীয়।

আবার, আবর্তন গতিজনিত গতিশক্তি $=\frac{1}{2}\, I\, \omega^2$ (I = জাড্য-ভ্রামক)

এবং রৈখিক গতিজনিত গতিশক্তি $=\frac{1}{2}\, mv^2$

এখানে v এবং ω পরস্পর তুলনীয় বলিয়া জাড্য-ভ্রামক বস্তুর ভর m-এর সহিত তুলনীয়।

105. লোকটির হাতে যখন ভর দুইটি আছে তখন ঘূর্ণ্যমান টেবিলের ঘূর্ণনাক্ষের সাপেক্ষে তাহার জাড্য-ভ্রামক I_0 এবং হাত হইতে ভর দুইটি ফেলিয়া দিবার পর তাহার জাড্য-ভ্রামক I। এক্ষেত্রে স্পষ্টতই $I_0 > I$ হইবে।

লোকটির উপর কোন বাহ্যিক টর্ক ক্রিয়া করিতেছে না বলিয়া কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে পাই, $I_0\omega_0 = I\omega$

এখানে ω হইল কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তিত মান। এখন, $I_o > I$ বলিয়া সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, $\omega > \omega_o$।

অর্থাৎ, হাত হইতে ভর দুইটি ফেলিয়া দিলে লোকটির কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পাইবে।

106. তারটিকে নীচের দিকে টানিলে বস্তুটির উপর একটি অরীয় বল (radial force) ক্রিয়া করিবে। এই বল ঘূর্ণনাক্ষের সাপেক্ষে বস্তুটির উপর কোন টর্ক প্রয়োগ করে না। বস্তুটির উপর কোন টর্ক ক্রিয়া করে না বলিয়া ইহার কৌণিক ভরবেগ অপরিবর্তিত থাকিবে। কাজেই লেখা যায়,

প্রাথমিক কৌণিক ভরবেগ=অন্তিম কৌণিক ভরবেগ

বা, $mv_1r_1 = mv_2r_2$

বা, $v_2 = v_1\left(\dfrac{r_1}{r_2}\right)$ ... (i)

এখন, $r_1 > r_2$ বলিয়া $v_2 > v_1$ হইবে। অর্থাৎ, তারটিকে নীচের দিকে টানিলে বস্তুটির রৈখিক বেগ বৃদ্ধি পাইবে। (i) নং সমীকরণ হইতে বস্তুর অন্তিম রৈখিক বেগ v_2-এর মান পাওয়া যায়।

কৌণিক বেগের সাহায্যে কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি প্রকাশ করিলে লেখা যায়,

$$mr_1^2\omega_1 = mr_2^2\omega_2$$

বা, $\omega_2 = \left(\dfrac{r_1}{r_2}\right)^2 \omega_1$ ... (ii)

কাজেই, রৈখিক বেগ অপেক্ষা কৌণিক বেগ আরও বেশি বৃদ্ধি পাইবে। সমীকরণ (ii) হইতে কৌণিক বেগের অন্তিম মান পাওয়া যাইতেছে।

107. ব্যাসের সাপেক্ষে কোন গোলকের জাড্যভ্রামক উহার ব্যাসার্ধের বর্গের সমানুপাতিক। কাজেই, হঠাৎ সঙ্কুচিত হইয়া পৃথিবীর ব্যাসার্ধ অর্ধেক হইয়া গেলে উহার জাড্য-ভ্রামক কমিয়া পূর্ববর্তী মানের এক-চতুর্থাংশ হইবে। অর্থাৎ, সঙ্কোচনের পূর্বে এবং পরে ঘূর্ণাক্ষ সাপেক্ষে পৃথিবীর জাড্য-ভ্রামক যথাক্রমে I_1 এবং I_2 হইলে

$\dfrac{I_2}{I_1} = \dfrac{1}{4}$ ... (i) $\left[\because\ I_1 = kr^2,\ I_2 = k\left(\dfrac{r}{2}\right)^2\right]$

কোন বাহ্যিক টর্ক ক্রিয়া করিতেছে না বলিয়া কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে, $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$ ... (ii)

এখানে, ω_1 এবং ω_2 হইলে সঙ্কোচনের পূর্বে এবং পরে পৃথিবীর আবর্তনের কৌণিক বেগ।

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $\dfrac{\omega_2}{\omega_1} = \dfrac{I_1}{I_2} = 4$

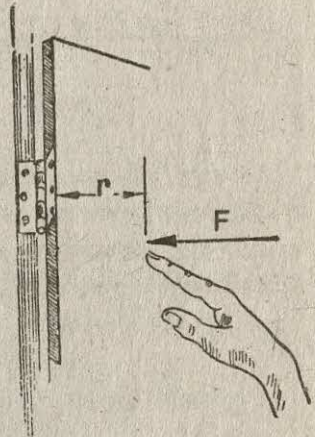
অর্থাৎ, পৃথিবীর সঙ্কোচনের ফলে উহার কৌণিক বেগ চারিগুণ বৃদ্ধি পাইবে।

ইহার ফলে দিনের দৈর্ঘ্য উহার পূর্ববর্তী দৈর্ঘ্যের এক-চতুর্থাংশ হইবে। কাজেই, সঙ্কোচনের পর দিনের দৈর্ঘ্য হইবে $\frac{1}{4} \times 24$ ঘণ্টা বা 6 ঘণ্টা।

108. কোন বস্তু যদি একটি অক্ষের সহিত এমনভাবে আবদ্ধ করা হয় যাহাতে উহা উক্ত অক্ষের সাপেক্ষে অবাধে ঘুরিতে পারে তাহা হইলে অক্ষ হইতে কিছুটা দূরে বল প্রয়োগ করিয়া উহাকে ঘুরান যায়। বস্তুটির ঘূর্ণনের প্রবণতা (tendency of rotation) নির্ভর করে দুইটি রাশির উপর ; যথা—(i) প্রযুক্ত বল F-এর মানের উপর এবং (ii) অক্ষ হইতে ঐ বলের প্রয়োগ-রেখার দূরত্ব (r)-এর উপর।

এই দুইটি রাশির যে-কোন একটির মান বাড়িলেই অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুটির ঘূর্ণনের প্রবণতা বৃদ্ধি পাইবে। এই দুই রাশির গুণফলকে অক্ষের সাপেক্ষে প্রযুক্ত বলের ভ্রামক (moment) বলা হয়। বলের ভ্রামকের মান যত বাড়ে অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুটির ঘূর্ণনের প্রবণতাও তত বৃদ্ধি পায়।

চিত্র 89

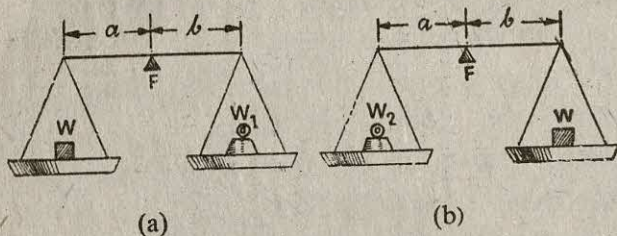
দরজা বা জানালার কজা হইতে r দূরত্বে F বল প্রয়োগ করিলে (চিত্র 89) কজার মধ্য দিয়া কল্পিত অক্ষের সাপেক্ষে এই বলের ভ্রামক, $L = F \times r$

বল F-এর মান স্থির রাখিয়া r-এর মান বৃদ্ধি করিলে ভ্রামক L-এর মান বাড়িবে, ফলে দরজা বা জানালার ঘূর্ণনের প্রবণতা বৃদ্ধি পাইবে। কাজেই, কজা হইতে যত দূরে বল প্রয়োগ করা যাইবে, দরজা বা জানালা খোলা বা বন্ধ করা তত সহজ হইবে।

109. কোন তুলাযন্ত্রের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য সমান কিনা তাহা স্থির করিবার জন্য কোন বস্তুকে একবার ডানপার্শ্বের তুলাপাত্রে স্থাপন করিয়া এবং আর একবার বাম-পার্শ্বের তুলাপাত্রে স্থাপন করিয়া ওজন করিতে হইবে।

প্রথমে তুলাযন্ত্রটিকে লেভেল করা হইল ; এবং উহার সূচকটি স্কেলের শূন্য দাগের উভয় পার্শ্বে সমানভাবে দোল খায় কিনা দেখিয়া লওয়া হইল। উভয় দিকে সমভাবে না দুলিলে তুলাদণ্ডের দুই পার্শ্বে স্ক্রু ঘুরাইয়া শূন্যদাগের উভয় পার্শ্বের দোলন সমান করা হইল। ইহার পর যে-কোন এক পার্শ্বের (মনে করি, বাম পার্শ্বের) তুলাপাত্রে একটি বস্তু লইয়া অপর পার্শ্বের (ডান পার্শ্বের) তুলাপাত্রে প্রয়োজনীয় বাটখারা চাপাইয়া তুলাদণ্ডটিকে অনুভূমিক করা হইল [চিত্র 90 (a)]। মনে করি, প্রয়োজনীয় বাটখারার ভর $= W_1$। ইহাই বস্তুটির নির্ণীত ভর।

ইহার পর তুলাপাত্র দুইটি বস্তু ও বাটখারা তুলিয়া লইয়া বস্তুটিকে ডান পার্শ্বের তুলাপাত্রে স্থাপন করা হইল এবং বাম পার্শ্বের তুলাপাত্রে প্রয়োজনীয় বাটখারা

চাপাইয়া পুনরায় তুলাদণ্ডটিকে অনুভূমিক অবস্থায় সাম্যে আনা হইল। মনে করি এক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় বাটখারার ভর $= W_2$ [চিত্র 90 (b)]।

এখন, W_1 এবং W_2 সমান হইলে বুঝিতে হইবে যে, তুলাযন্ত্রের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য সমান। W_1 এবং W_2 সমান না হইলে সিদ্ধান্তে আসা যাইবে যে, তুলাদণ্ডের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য সমান নয়।

চিত্র 90

দুই বাহুর দৈর্ঘ্য অসমান হইলেও তুলাযন্ত্রের সাহায্যে কীরূপে কোন পরীক্ষাধীন বস্তুর সঠিক ভর নির্ধারণ করা যায় নিম্নে তাহা আলোচিত হইল।

মনে করি, তুলাযন্ত্রের বাম এবং ডান পার্শ্বের বাহুর দৈর্ঘ্য যথাক্রমে a এবং b। পরীক্ষাধীন বস্তুটির প্রকৃত ভর W হইলে [90 (a) চিত্র হইতে] লেখা যায়,

$$Wga = W_1gb, \quad [\, g = \text{অভিকর্ষজ ত্বরণ} \,]$$

$$\text{বা,} \quad W.\, a = W_1.\, b \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

অনুরূপভাবে, চিত্র 90 (b) হইতে লেখা যায়,

$$W.\, b = W_2.a \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই যে, $W^2 = W_1W_2$

$$\text{বা,} \quad W = \sqrt{W_1W_2}$$

কাজেই, W_1 এবং W_2-এর মান হইতে বস্তুর প্রকৃত ভর W-এর মান পাওয়া যায়।

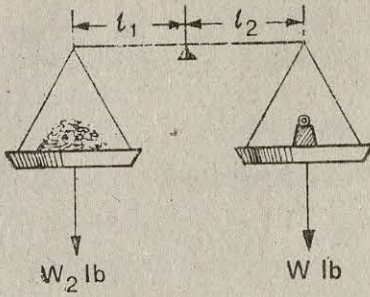
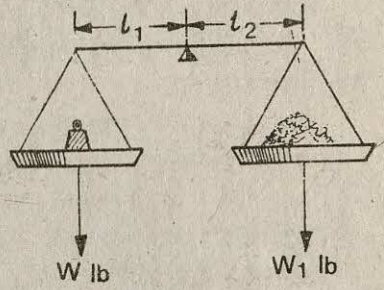
110. মনে করি, তুলাদণ্ডের বাম বাহুর দৈর্ঘ্য l_1 এবং ডান বাহুর দৈর্ঘ্য l_2 ; বাম পার্শ্বের তুলাপাত্রে W lb ভরবিশিষ্ট বাটখারা চাপান হইল। মনে করি, এই সময় ডান পার্শ্বে W_1 lb চা স্থাপন করিলে তুলাদণ্ডটি অনুভূমিক অবস্থায় সাম্যে আসে [চিত্র 91 (a)। কাজেই লেখা যায় যে, $W \times l_1 = W_1 \times l_2$

$$\text{বা,} \quad W_1 = \frac{l_2}{l_1} \times W \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, ডান পার্শ্বের তুলাপাত্রে W lb ভরবিশিষ্ট বাটখারা রাখা হইল। মনে করি, এই সময় বাম পার্শ্বে W_2 lb ভর স্থাপন করিলে তুলাদণ্ডটির সাম্য প্রতিষ্ঠিত হয় [চিত্র 91 (b)]। সুতরাং লেখা যায় যে,

$$W_2 \times l_1 = W \times l_2 \quad \text{বা,} \quad W_2 = W \times \frac{l_2}{l_1} \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

প্রশ্নের শর্তানুসারে ক্রেতা 2W lb চা-এর মূল্য দিয়া (W_1+W_2) lb চা পাইল।

এখন, $\left(W_1+W_2-2W\right)=W\left(\frac{l_1}{l_2}+\frac{l_2}{l_1}-2\right)$

চিত্র 91

[সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে W_1 এবং W_2-এর মান বসাইয়া]

বা, $\left(W_1+W_2-2W\right)=\frac{W(l_1-l_2)^2}{l_1 l_2}$ = একটি ধনাত্মক রাশি

$\therefore\quad (W_1+W_2)>2W$

অর্থাৎ, এইরূপ ক্ষেত্রে সর্বদাই ব্যবসায়ী ক্ষতিগ্রস্ত হয়।

111. প্রশ্নের শর্তানুসারে, বাম পার্শ্বের তুলাপাত্রে চাপান বাটখারার ওজন W এবং আলম্ব O-এর সাপেক্ষে এই ওজনের ভ্রামক,

$$\Gamma_1=W\frac{l}{2} \qquad \cdots \qquad (i)$$

দড়ির উপর ব্যক্তি-কর্তৃক প্রযুক্ত F বলের ভ্রামক,

$$\Gamma_2=F\cos\alpha\times\frac{l}{4} \qquad \cdots \qquad (ii)$$

তুলাপাত্রের উপর ব্যক্তি-কর্তৃক প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী বল $=(W-F\cos\alpha)$ এবং এই বলের ভ্রামক,

$$\Gamma_3=(W-F\cos\alpha)\times\frac{l}{4} \qquad \cdots \qquad (iii)$$

কাজেই, তুলাদণ্ডের ডানপার্শ্বের বাহুতে ক্রিয়াশীল মোট ভ্রামক,

$$\Gamma_2+\Gamma_3=\tfrac{1}{4}Fl\cos\alpha+\frac{l}{2}(W-F\cos\alpha)$$

$$=W\times\frac{l}{2}-\tfrac{1}{4}Fl\cos\alpha \qquad \cdots \qquad (iv)$$

সুতরাং, (i) এবং (iv) হইতে লেখা যায় যে, $\Gamma_1 > \Gamma_2 + \Gamma_3$

অর্থাৎ, তুলাদণ্ডের বামপার্শ্বে ক্রিয়াশীল বলের ভ্রামক উহার ডানপার্শ্বে ক্রিয়াশীল বলগুলির ভ্রামক অপেক্ষা বেশি। ফলে, তুলাপাত্রটি বামদিকে হেলিয়া পড়িবে।

112. মনে করি, ডান তুলাপাত্রের ভর $= M_1$

এবং বাম তুলাপাত্রের ভর $= M_2$

শর্তানুসারে, যখন বস্তুটিকে ডান তুলাপাত্রে রাখা হয় তখন বাম তুলাপাত্রে m_1 ভর রাখিলে তুলাযন্ত্র সাম্যে আসে। সাম্যবস্থায় উভয় পার্শ্বের ভ্রামক সমান হয় বলিয়া লেখা যায়,

$$(M_1+m)\ g\times d=(M_2+m)g\times d$$

এখানে, g = অভিকর্ষজ ত্বরণ এবং d = তুলাযন্ত্রের বাহুদ্বয়ের দৈর্ঘ্য

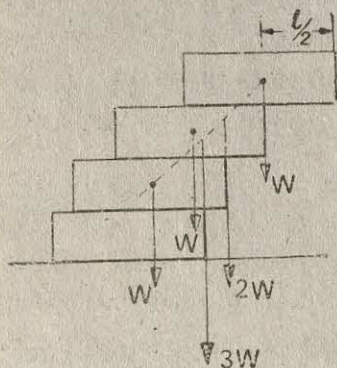
$$\therefore \quad M_1+m=M_2+m_1 \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

অনুরূপভাবে, $M_2+m=M_1+m_2 \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$

(i) এবং (ii) যোগ করিয়া পাই,

$$M_1+M_2+2m=M_1+M_2+(m_1+m_2) \quad \text{বা,} \quad m=(m_1+m_2)/2$$

113. আমরা জানি যে, কোন তলের উপর স্থাপিত কোন বস্তুর ভারকেন্দ্র হইতে নিম্নাভিমুখে অঙ্কিত উল্লম্ব রেখাটি যদি ঐ বস্তুর ভূমির কোন না কোন বিন্দু দিয়া যায় তবেই বস্তুটি ঐ তলে স্থির থাকিবে, নতুবা উহা উল্টাইয়া পড়িবে।

কাজেই যখন প্রথম ইটটির ভারকেন্দ্র হইতে অঙ্কিত উল্লম্ব রেখা দ্বিতীয় ইটটির ধার ঘেঁষিয়া যায় তখনই প্রথম ইটটি দ্বিতীয়টি হইতে বাহিরের দিকে সবচেয়ে বেশি প্রসারিত থাকে। প্রথম ইটটিকে ইহা অপেক্ষা বেশি বাহিরের দিকে ঠেলিয়া দিলে ইটটি আর সাম্যে থাকিতে না পারিয়া উল্টাইয়া পড়িবে। অর্থাৎ, প্রথম ইটটির যে-সর্বোচ্চ দৈর্ঘ্য দ্বিতীয় ইটটির বাহিরের দিকে প্রসারিত থাকিতে পারে তাহার মান $l/2$ (চিত্র 92)।

চিত্র 92

প্রথম ও দ্বিতীয় ইটের সম্মিলিত সংস্থার ভারকেন্দ্র দ্বিতীয় ইটের ধার হইতে $l/4$ দূরত্বে অবস্থিত। কাজেই দ্বিতীয়, ইটটি সর্বোচ্চ এই দূরত্বই ($l/4$) বাহিরের দিকে প্রসারিত রাখিয়া তৃতীয় ইটের উপর সাম্যে থাকিতে পারে।

প্রথম তিনটি ইটের সম্মিলিত সংস্থার ভারকেন্দ্রটি তৃতীয় ইটের ধার হইতে x দূরত্বে থাকিলে লেখা যায়,

$$2Wx=W\left(\frac{l}{2}-x\right) \quad \text{বা,} \quad x=\frac{l}{6}$$

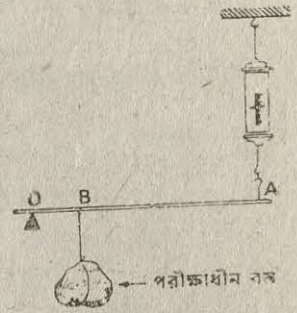
কাজেই, তৃতীয় ইটটি $l/6$ দূরত্ব বাহিরের দিকে প্রসারিত রাখিয়া চতুর্থ বা নিম্নতম ইটটির উপর সাম্যে থাকিতে পারে।

114. লিভারের নীতি কাজে লাগাইয়া একটি স্প্রিং-তুলার সাহায্যে উহার সর্বোচ্চ পাঠ অপেক্ষা বেশি ওজনের বস্তুর ওজন নির্ধারণ করা যায়, নিম্নে ইহা ব্যাখ্যা করা হইল।

মনে করি, OA একটি দৃঢ় দণ্ড। দণ্ডটি O-বিন্দুর সাপেক্ষে অবাধে ঘুরিতে পারে। অর্থাৎ, O বিন্দুটি AB দণ্ডের আলম্ব। অপর প্রান্ত A-এর সহিত স্প্রিং-তুলার হুকটি যুক্ত রহিয়াছে (চিত্র 93)। B বিন্দুতে পরীক্ষাধীন বস্তুটি ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। এই অবস্থায় স্প্রিং-তুলার পাঠ R হইলে লেখা যায়,

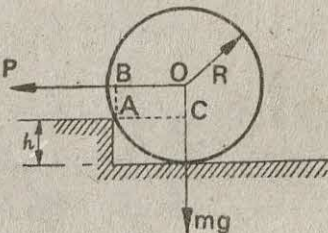
$$W \times OB = R \times OA$$

কাজেই, $$W = \frac{OA}{OB} \times R$$

OA > OB বলিয়া এক্ষেত্রে W > R হইবে। সুতরাং, এই পদ্ধতিতে স্প্রিং-তুলার সর্বোচ্চ পাঠ অপেক্ষা অনেক বেশি ওজনের বস্তুর ওজনও নির্ভুলভাবে পরিমাপ করা যায়।

চিত্র 93

115. কোন ব্যক্তি ডান স্কন্ধ এবং ডান পা একটি দেওয়ালের সংস্পর্শে রাখিয়া ভূমি হইতে বাম পা তুলিলে তাহার সাম্য অব্যাহত থাকিতে পারে না। বাম পা তুলিয়া কেবলমাত্র ডান পায়ের উপর ভর করিয়া সাম্যে থাকিতে চাহিলে কোন ব্যক্তিকে তাহার দেহটিকে এমনভাবে কাত করিতে হইবে যাহাতে তাহার ভারকেন্দ্র হইতে অঙ্কিত উল্লম্ব রেখাটি ডান পায়ের তলা দিয়া যাইবে। কিন্তু এক্ষেত্রে তাহা সম্ভব হইবে না বলিয়া লোকটি বাম দিকে পড়িয়া যাইবে।

116. ধাপটির উপরে উঠিতে হইলে চাকাটিকে A বিন্দুর সাপেক্ষে ঘুরিতে হইবে। A বিন্দুর সাপেক্ষে চাকার ঘূর্ণাক্ষে প্রযুক্ত বল P-এর ভ্রামক যদি A বিন্দুর সাপেক্ষে চাকার উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষজ-বল mg-এর ভ্রামক অপেক্ষা বেশি হয় তাহা হইলে A বিন্দুর সাপেক্ষে চাকাটি ঘুরিয়া যাইতে সক্ষম হইবে।

চিত্র 94

A-বিন্দু হইতে P বলের ক্রিয়া রেখার দূরত্ব AB এবং অভিকর্ষজ-বল mg-এর ক্রিয়া রেখার দূরত্ব AC (চিত্র 94)। কাজেই চাকাটিকে ধাপের উপরে উঠিতে হইলে নিম্নের শর্তটি পালিত হওয়া প্রয়োজন—

$$P \times AB > mg \times AC$$

বা, $$P > mg \times \frac{AC}{AB} \qquad \cdots \qquad (i)$$

এখন, $AB=(R-h)$ বলিয়া

$$AC=\sqrt{R^2-(R-h)^2}=\sqrt{h(2R-h)}$$

সুতরাং, সমীকরণ (i) হইতে পাই,

$$P>mg\times\frac{\sqrt{h\,(2R-h)}}{(R-h)}$$

যদি, $h\ll R$ হয় তাহা হইলে, $P>mg\sqrt{\frac{2h}{R}}$ হইবে।

117. কপিকলের উপর চারটি বল ক্রিয়া করিতেছে (চিত্র 95)। বস্তুর ওজন W, অনুভূমিক বল F, দড়ির দুই অংশের টান T ; কপিকলটি সাম্যাবস্থায় আছে বলিয়া যে-কোন অভিমুখে উক্ত বলগুলির উপাংশের যোগফল শূন্য হইবে।

চিত্র 95

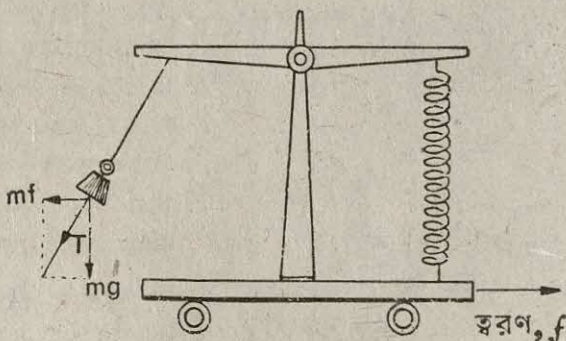
অনুভূমিক অভিমুখে বলগুলির উপাংশ লইয়া লেখা যায়,

$$F-T\cos 60^\circ=0 \qquad \cdots \qquad (i)$$

এবং উল্লম্ব অভিমুখে বলগুলির উপাংশ লইয়া লেখা যায়,

$$W-T-\cos 30^\circ=0 \qquad \cdots \qquad (ii)$$

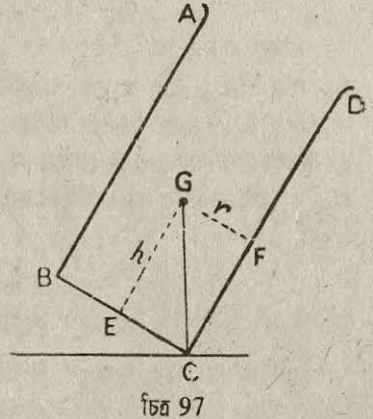
সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $F=W(2+\sqrt{3})$

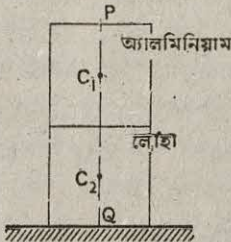
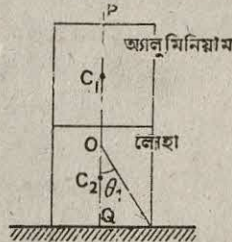
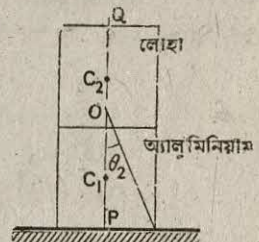
118. ট্রলির ত্বরণের ফলে তুলাযন্ত্রের একপ্রান্ত ঝুলন্ত ভারটির উপর একটি অলীক বল (pseudo force) ক্রিয়া করিবে। এই বলের প্রভাবে ট্রলির ত্বরণের অভিমুখের বিপরীত দিকে ভারটি বিক্ষিপ্ত হয়। ইহার ফলে, ভারটিকে যে-সূতা হইতে ঝুলাইয়া দেওয়া হইয়াছে উহা অনুভূমিক রেখার সহিত একটি কোণ করিয়া থাকিবে। এই অবস্থায় সূতার টান T-এর মান বৃদ্ধি পাইবে। কিন্তু

চিত্র 96

তুলাদণ্ডের আলম্বের সাপেক্ষে উহার বাম বাহুতে ক্রিয়াশীল ভ্রামকের মান ঐ বাহুতে ক্রিয়াশীল বলের (অর্থাৎ, সূতার টানের) উল্লম্ব উপাংশ (vertical component) দ্বারা নির্ধারিত হইবে। ট্রলির ত্বরণ f-এর মান যাহাই হউক না কেন, ইহার ফলে সূতার টানের উল্লম্ব উপাংশে কোনরূপ পরিবর্তন ঘটিবে না। ট্রলির ত্বরণের

ফলে তুলাযন্ত্রের বাম বাহুতে ক্রিয়াশীল ভ্রামকের কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে না বলিয়া তুলাদণ্ডের ডান প্রান্তে যুক্ত স্প্রিংটির টানেরও কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে না।

119. আমরা জানি যে, কোন বস্তুর ভারকেন্দ্র হইতে নিম্নাভিমুখী অঙ্কিত উল্লম্ব সরলরেখাটি যদি ঐ বস্তুর ভূমির মধ্য দিয়া না যায় তাহা হইলে বস্তুটি উল্টাইয়া পড়ে। কাজেই, যতক্ষণ G বিন্দু হইতে অঙ্কিত নিম্নাভিমুখী উল্লম্ব রেখা BC ভূমির কোন-না-কোন বিন্দু দিয়া যায় ততক্ষণ চোঙটি উল্টাইয়া পড়ে না। কাজেই, না উল্টাইয়া পড়িয়া যে-অবস্থানে চোঙটি উল্লম্ব রেখার সহিত সর্বোচ্চ কোণে কাত হইয়া থাকে সেই অবস্থানে G বিন্দু হইতে অঙ্কিত উল্লম্ব রেখা C বিন্দু দিয়া যায় (চিত্র 97)। কাজেই, উল্টাইয়া ফেলিবার পূর্বে চোঙাকৃতি পাত্রটিকে সর্বোচ্চ যে-কোণে কাত করা যাইবে উহার মান

চিত্র 97

$$\theta=\cot^{-1}\left(\frac{CF}{GF}\right)=\cot^{-1}\frac{h}{r}$$

120. মনে করি, অ্যালুমিনিয়ামের ঘনকটির ভারকেন্দ্র C_1 বিন্দুতে এবং লোহার ঘনকটির ভারকেন্দ্র C_2 বিন্দুতে অবস্থিত। C_1 এবং C_2 বিন্দুদ্বয়ের মধ্য দিয়া একটি সরলরেখা অঙ্কন করা হইল। ইহা অ্যালুমিনিয়াম ঘনকের উপরের পৃষ্ঠকে P বিন্দুতে এবং লোহার ঘনকের নিচের পৃষ্ঠকে Q বিন্দুতে ছেদ করিল (চিত্র 91a)।

চিত্র 98 a চিত্র 98 b চিত্র 98 c

দুইটি ঘনক দ্বারা গঠিত যুগ্ম-বস্তুটির ভারকেন্দ্র C_1C_2 সরলরেখার মাঝামাঝি কোন বিন্দু O-তে অবস্থিত হইবে (চিত্র 98 a)। এখন, লোহার ঘনকের ভর 1·02 kg এবং অ্যালুমিনিয়াম ঘনকের ভর 0·34 kg বলিয়া লেখা যায়,

$$1{\cdot}02\times OC_2=0{\cdot}34\times OC_1$$

$$\text{বা,}\quad OC_1=3OC_2 \qquad \cdots \qquad (i)$$

ঘনক দুইটির বাহুগুলির দৈর্ঘ্য a বলিয়া স্পষ্টতই, $C_1C_2=a$

বা, $OC_1+OC_2=a$ বা, $3OC_2+OC_2=a$ [সমীকরণ (i) হইতে]

সুতরাং, $OC_2=\frac{a}{4}$ এবং $OC_1=\frac{3}{4}a$ ... (ii)

কাজেই, $OQ=QC_1+OC_2=\frac{a}{2}+\frac{a}{4}=\frac{3}{4}a$ ... (iii)

আমরা জানি যে, কোন বস্তুকে যদি একটি তলের উপর রাখা হয় তবে উহার ভারকেন্দ্র হইতে নিম্নাভিমুখে অঙ্কিত উল্লম্ব রেখাটি বস্তুটির ভূমির মধ্য দিয়া গেলে তবেই বস্তুটি ঐ তলে স্থির থাকিতে পারিবে নতুবা উহা উল্টাইয়া পড়িবে। কাজেই প্ল্যাটফর্মটিকে ন্যূনতম যে-কোণে কাত করিলে যুগ্ম-ভরটি উল্টাইয়া পড়িবে উহার মান θ_1 হইলে 98b নং চিত্র হইতে লেখা যায়,

$$\tan\theta_1=\frac{QS}{OQ}=\frac{a/2}{3a/4}=\frac{2}{3}$$

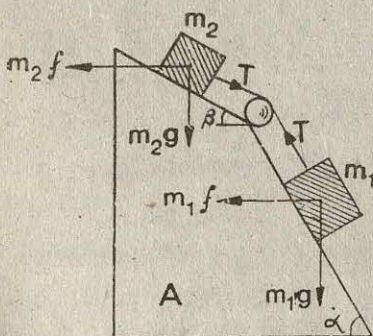
$$\text{কাজেই}\quad \theta_1=\tan^{-1}(2/3)=33^\circ42'$$

এইবার মনে করা যাক যে, লোহার ঘনকটি উপরে এবং অ্যালুমিনিয়াম ঘনকটি নিচে রহিয়াছে (চিত্র 98c)। এক্ষেত্রে প্ল্যাটফর্মটিকে যে-ন্যূনতম কোণে কাত করিলে যুগ্মভরটি উল্টাইয়া পড়িবে উহার মান (θ_2) হইলে 98c নং চিত্র হইতে লেখা যায়,

$$\tan\theta_2=\frac{PR}{OP}=\frac{PR}{OC_1+C_1P}=\frac{a/2}{\frac{3a}{4}+\frac{a}{2}}=0{\cdot}4$$

$$\therefore\quad \theta_2=\tan^{-1}(0{\cdot}4)=21^\circ48'$$

121. যখন A ব্লকটি f ত্বরণে ডান দিকে চলিতে থাকে তখন m_1 ভরবিশিষ্ট ঘনকের উপর m_1f মানের অলীক বল (pseudo-force) এবং m_2 ভরবিশিষ্ট ঘনকের উপর m_2f মানের অলীক বল ক্রিয়া করে। এই অলীক বলের ক্রিয়াভিমুখ A ব্লকের ত্বরণের অভিমুখের বিপরীত দিকে অর্থাৎ বাম দিকে।

চিত্র 99

99 নং চিত্রটি দেখ। m_2 ভরবিশিষ্ট ঘনকটির উপর তিনটি বল ক্রিয়া করিতেছে, যথা—(i) ঘনকটির ওজন m_2g, ইহা উল্লম্ব রেখা বরাবর নিম্নাভিমুখে ক্রিয়াশীল, (ii) সূতার টান T, ইহা নততলের সমান্তরালভাবে নিচের দিকে ক্রিয়াশীল, (iii) অলীক বল m_2f, ইহা অনুভূমিক অভিমুখে বাম দিকে ক্রিয়াশীল।

উপরের নততল m_2 ভরবিশিষ্ট ঘনকটির সাম্য বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$m_2 f \cos\beta = T + m_2 g \sin\beta \quad \cdots \quad (i)$$

অনুরূপভাবে, নিচের নততলে m_1 ভরবিশিষ্ট ঘনকটির সাম্য বিবেচনা করিয়া লেখা যায় যে,

$$T + m_1 f \cos\alpha = m_1 g \sin\alpha \quad \cdots \quad (ii)$$

(i) এবং (ii) যোগ করিয়া পাই,

$$f(m_1 \cos\alpha + m_2 \cos\beta) = g(m_1 \sin\alpha + m_2 \sin\beta)$$

$\therefore$ A ব্লকটির ত্বরণ, $f = g \times \dfrac{m_1 \sin\alpha + m_2 \sin\beta}{m_1 \cos\alpha + m_2 \cos\beta}$

(i) নং সমীকরণে f-এর মান বসাইয়া পাই,

$$T = g \times \frac{m_1 m_2 \sin(\alpha - \beta)}{m_1 \cos\alpha + m_2 \cos\beta}$$

122. বস্তুটি স্থির অবস্থা হইতে যাত্রা শুরু করিয়াছে। সুতরাং, ইহার ত্বরণ f হইলে প্রশ্নের শর্তানুসারে লেখা যায়, $v_f = f t_f$

$$\text{বা,} \quad f = \frac{v_f}{t_f} \quad \cdots \quad (i)$$

কাজেই, বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল বল, $F = \text{ভর} \times \text{ত্বরণ} = mf$

t সময়ে বস্তু-কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = \frac{1}{2} f t^2 \quad \cdots \quad (ii)$

কাজেই, t সময়ে ঐ বল-কর্তৃক বস্তুর উপর কৃত কার্য ;

$$W = F \times s = mf \times \tfrac{1}{2} m f^2 t^2$$

সমীকরণ (i) হইতে f-এর মান বসাইয়া পাই,

$$W = \frac{1}{2} m \left(\frac{v_f}{t_f}\right)^2 t^2$$

বস্তুটিতে সরবরাহিত তাৎক্ষণিক ক্ষমতা,

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{1}{2} m \left(\frac{v_f}{t_f}\right)^2 \frac{d}{dt}(t^2) = m \left(\frac{v_f}{t_f}\right)^2 t$$

123. মনে করি, হাল্কা বস্তুটির ভর ও গতিবেগ যথাক্রমে m ও v ; এবং ভারী বস্তুটির ভর ও গতিবেগ যথাক্রমে M ও V।

শর্তানুসারে, উহাদের ভরবেগ সমান। কাজেই, $mv = MV$

$$\text{বা,} \quad V = \frac{m}{M} v \quad \cdots \quad (i)$$

এখন, হাল্কা বস্তুটির গতিশক্তি $= \frac{1}{2} m v^2$

এবং ভারী বস্তুটির গতিশক্তি $= \frac{1}{2} M V^2$

সমীকরণ (i) হইতে লেখা যায়,

$$\frac{1}{2} MV^2 = M \left[\frac{m}{M} v\right]^2 \quad \text{বা,} \quad \frac{1}{2} MV^2 = \frac{1}{2} m v^2 \, \frac{m}{M} \quad \cdots \quad (ii)$$

$$\text{কিন্তু, } M > m \text{ ; কাজেই, } \frac{M}{m} > 1$$

সুতরাং, সমীকরণ (ii) হইতে লেখা যায়,

$$\tfrac{1}{2}\, mv^2 > \tfrac{1}{2}\, MV^2$$

অর্থাৎ, হাল্কা বস্তুটির গতিশক্তি > ভারী বস্তুটির গতিশক্তি

● অনুরূপ প্রশ্ন : একটি রাইফেল হইতে একটি বুলেট ছোঁড়া হইল। যদি রাইফেলটি অবাধে প্রতিক্ষিপ্ত হয় তাহা হইলে রাইফেলে সঞ্চারিত গতিশক্তি বুলেটের গতিশক্তি অপেক্ষা বেশি হইবে, নাকি কম হইবে, নাকি ইহাদের মান সমান হইবে তাহা নির্ণয় কর।

[A bullet is fired from a rifle. If the rifle recoils freely, determine whether the kinetic energy of the rifle is greater than, equal to or less than that of the bullet.] (I. I. T. Adm. Test, 1979)

124. মনে করি, হাতুড়ি ও পেরেকের সংঘাতের অব্যবহিতকাল পরে উহাদের বেগ $= v$। রৈখিক ভরবেগের নিত্যতাসূত্র হইতে পাই,

$$(M+m)\, v = Mu + m \times 0$$

$$\text{বা, } \quad v = \frac{Mu}{M+m} \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

ধরি, পেরেকের উপর ক্রিয়াশীল বিরুদ্ধ বল $= R$

এখন, R-এর বিরুদ্ধে কৃত কার্য = গতিশক্তি হ্রাস

$$\text{অর্থাৎ, } R.\, s = \tfrac{1}{2}\,(M+m)\, v^2 \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

(i) এবং (ii) হইতে লেখা যায়,

$$R.\, s = \frac{1}{2}\,(M+m)\left(\frac{Mu}{M+m}\right)$$

$$\text{বা, } \quad R = \frac{M^2u^2}{2\,(M+m)\, s}$$

125. যদি গুলির প্রকৃত বেগ v এবং বন্দুকের প্রতিক্ষেপ বেগের মান V হয় তাহা হইলে রৈখিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়,

$$mv = MV \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

যদি বন্দুকের সাপেক্ষে গুলির আপেক্ষিক বেগ u হয় তাহা হইলে লেখা যায়,

$$u = (v + V) \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

(i) এবং (ii) হইতে পাই, $m\,(u - V) = MV$

$$\text{বা, } \quad V = \frac{mu}{M+m} \qquad \cdots \quad \text{(iii)}$$

ইহাই বন্দুকের প্রতিক্ষেপ বেগের প্রকৃত মান। কাজেই, গুলির প্রকৃত বেগ,

$$v = \frac{M}{m}.\; V = \frac{M}{M+m} \cdot u \qquad \cdots \quad \text{(iv)}$$

এখন, গুলির গতিশক্তি$=\frac{1}{2}\, mv^2$

$$= \frac{1}{2} m. \left(\frac{Mu}{M+m}\right)^2 = \frac{1}{2} \frac{mM^2u^2}{(M+m)^2}$$

এবং বন্দুকের গতিশক্তি$=\frac{1}{2}\, MV^2$

$$= \frac{1}{2} M \left(\frac{Mu}{M+m}\right)^2 = \frac{1}{2} \frac{Mm^2u^2}{(M+m)^2}$$

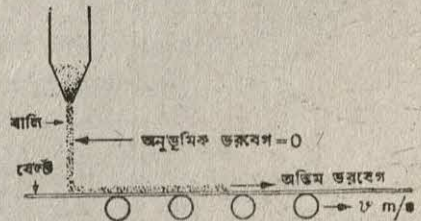
$\therefore$ $\dfrac{\text{গুলির গতিশক্তি}}{\text{বন্দুকের গতিশক্তি}} = \dfrac{mM^2u^2}{Mm^2u^2} = \dfrac{M}{m} = \dfrac{\text{গুলির ভর}}{\text{বন্দুকের ভর}}$

সুতরাং, গুলি ও বন্দুকের গতিশক্তি উহাদের ভরের ব্যস্তানুপাতিক।

126. (*a*) বেল্টটিকে চলমান রাখিবার জন্য প্রয়োজনীয় বল
=বালির অনুভূমিক ভরবেগ-বৃদ্ধির হার
=প্রতি সেকেণ্ডে বেল্টের উপর পতিত বালির ভর×গতিবেগ
$= M \times v$ kg-m/s$^2 = Mv$ newtons ... (i)

(*b*) এই বল-কর্তৃক বালির উপর কৃত কার্য=বল×সরণের হার
$=(Mv$ newtons$) \times (v$ m/s$) = Mv^2$ watts

(*c*) =বালির গতিশক্তির পরিবর্তনের হার
$=\frac{1}{2}\times$প্রতি সেকেণ্ডে বেল্টের উপর পতিত বালির ভর×(গতিবেগ)^2
$=\frac{1}{2}\, M\, v^2$ watts ... (ii)

(i) এবং (ii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, বেল্টে সরবরাহিত শক্তির হার (অর্থাৎ, বেল্ট-কর্তৃক কৃত কার্যের হার) বালির গতিশক্তির পরিবর্তনের হার অপেক্ষা বেশি। কাজেই, বেল্ট-কর্তৃক সরবরাহিত শক্তির একাংশ মাত্র বালির গতিশক্তি-বৃদ্ধির জন্য ব্যয়িত হইতেছে। এখন প্রশ্ন হইল, সরবরাহিত শক্তির বাকি অংশ কোথায় যায় ?

চিত্র 100

বেল্টের উপর পতিত বালি বেল্টে পড়ার সঙ্গে সঙ্গেই বেল্টের গতিবেগ লাভ করিতে পারে না। প্রথমে বালি ও বেল্টের মধ্যে একটি আপেক্ষিক গতি থাকে। এই সময় বালির সাপেক্ষে বেল্টের গতি থাকে বলিয়া উহাদের মধ্যে ঘর্ষণ-বল ক্রিয়া করে। এই ঘর্ষণ-বলের বিরুদ্ধে বেল্টকে কিছু পরিমাণ কার্য করিতে হয় বলিয়া বেল্ট-কর্তৃক সরবরাহিত শক্তির হার বালির গতিশক্তির পরিবর্তনের হার অপেক্ষা বেশি।

127. মনে করি, কর্কের প্রারম্ভিক গতিবেগের ন্যূনতম মান v হইলে উহা

একটি পূর্ণ বৃত্ত বর্ণনা করে (চিত্র 101)। তাহা হইলে কর্কটি যে-ভরবেগ লাভ করিবে উহার মান$=mv$

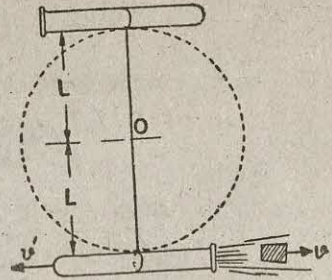
চিত্র 101

ধরি, পরখ-নলটির প্রারম্ভিক গতিবেগ$=v'$

কাজেই, ইহার প্রারম্ভিক ভরবেগ$=Mv'$

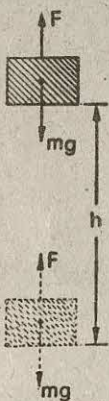
ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে লেখা যায়,

$$mv=Mv'$$

বা, $$v'=\frac{mv}{M} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

সুতরাং, প্রাথমিক অবস্থায় পরখ-নলটির গতিশক্তি$=\frac{1}{2}Mv'^2$; এই গতিশক্তিই M ভরবিশিষ্ট পরখ-নলটিকে 2L দূরত্ব তুলিবার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি যোগায়।

$\therefore$ শক্তির সংরক্ষণ সূত্রানুসারে, $$\frac{Mv'^2}{2}=Mg.2L \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $$v=\frac{2M\sqrt{gL}}{M}$$

128. একাধিক বলের ক্রিয়াধীন বস্তুর উপর একটিমাত্র উপাংশ বলের দ্বারা কৃত কার্য বস্তুটির গতিশক্তির পরিবর্তন অপেক্ষা বেশি হইতে পারে। নিম্নে একটি দৃষ্টান্ত দেওয়া হইল। ধরি, m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তুর উপর F মানের একটি ঊর্ধ্বমুখী বল প্রযুক্ত হইল (চিত্র 102)। বস্তুর ওজন (mg) নিম্নাভিমুখী ক্রিয়া করে বলিয়া বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বল $=(F-mg)$। F বলের মান বস্তুটির ওজন অপেক্ষা বেশি হইলে লব্ধি বল ঊর্ধ্বাভিমুখে ক্রিয়া করিবে। বস্তুটি ঊর্ধ্বাভিমুখে h উচ্চতা উঠিলে লব্ধি বল-কর্তৃক কৃত কার্য$=(F-mg)\times h$

লব্ধি বল-কর্তৃক কৃত কার্য বস্তুটির গতিশক্তির পরিবর্তন ঘটায় বলিয়া লেখা যায়,

$(F-mg)\times h=$বস্তুটির গতিশক্তির পরিবর্তন

$\therefore$ $F\times h=$বস্তুটির গতিশক্তি পরিবর্তন$+mgh$

বা, $F\times h=$বস্তুটির গতিশক্তির পরিবর্তন+ স্থিতিশক্তির পরিবর্তন $\quad \cdots \quad$ (i)

চিত্র 102

কিন্তু $(F\times h)$ হইল বস্তুর উপর F উপাংশ বল-কর্তৃক কৃত কার্য। কাজেই, সমীকরণ (i) হইতে দেখা যাইতেছে যে, F উপাংশ বল-কর্তৃক কৃত কার্য বস্তুটির গতিশক্তির পরিবর্তন অপেক্ষা বেশি।

129. মোটরগাড়ি যখন সমবেগে চলে তখন উহার গতির বিরুদ্ধে ঘর্ষণ-বল ক্রিয়া করে। ইঞ্জিন-কর্তৃক প্রযুক্ত বল এই ঘর্ষণ-বলের বিরুদ্ধে ক্রিয়া করিয়া গাড়ির সমবেগ বজায় রাখে। গাড়ি যেদিকে চলিতেছে ঘর্ষণ-বল তাহার বিপরীত দিকে

ক্রিয়া করিতেছে। অর্থাৎ, এ ক্ষেত্রে ঘর্ষণ-বলের বিরুদ্ধে গাড়ির সরণ হইতেছে বলিয়া ইঞ্জিন কার্য করিতেছে। এই কার্যের পরিমাণ ঘর্ষণ-বল এবং গাড়ি-কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্বের গুণফলের সমান।

130. গতিশীল কোন বস্তুর গতির বিরুদ্ধে কোন বল F প্রয়োগ করিলে উহার বেগ কমিতে থাকিবে এবং এক সময় বস্তুটি স্থির হইবে। স্থির হইবার পূর্বে বস্তুটি যদি s দূরত্ব অতিক্রম করে তাহা হইলে বিরুদ্ধ বল F-এর বিরুদ্ধে বস্তু-কর্তৃক কৃতকার্য

$$= \text{বিরুদ্ধ বল (F)} \times \text{অতিক্রান্ত দূরত্ব } (s)$$

গতিশক্তির সংজ্ঞানুসারে, F-বলের বিরুদ্ধে কৃত কার্য বস্তুটির প্রাথমিক গতিশক্তির সমান। অর্থাৎ,

$$\text{বস্তুর গতিশক্তি, } E = F \times s \quad \text{বা, অতিক্রান্ত দূরত্ব } (s) = \frac{\text{বস্তুর গতিশক্তি (E)}}{\text{বিরুদ্ধ বল (F)}} \quad \cdots \text{(i)}$$

এখন, লরি এবং মোটরগাড়ি—উভয়ের প্রাথমিক গতিশক্তি E-এর মান সমান। আবার উভয়ের উপর ক্রিয়াশীল বিরুদ্ধ বল F-এর মানও সমান। সুতরাং, সমীকরণ (i) হইতে বলা যায় যে, উহাদের দ্বারা অতিক্রান্ত দূরত্বের মানও সমান হইবে।

131. (a) তীরের সাপেক্ষে স্থির অবস্থায় থাকিলেও জলের সাপেক্ষে নৌকাসহ ঐ ব্যক্তির সরণ ঘটিতেছে। ঐ ব্যক্তি দাঁড়ের সাহায্যে জলের উপর বল প্রয়োগ করিয়া জলের সাপেক্ষে আগাইয়া যাইতেছে। কাজেই এ ক্ষেত্রে ঐ ব্যক্তি কার্য করিতেছে।

(b) নৌকার আরোহী দাঁড় টানা বন্ধ করিলে নৌকাসহ আরোহী স্রোতের অভিমুখে আগাইতে থাকিবে। এই সময় জলের সাপেক্ষে নৌকার কোন সরণ ঘটে না। নৌকার উপর জল কোন অসম বলও প্রয়োগ করে না, নৌকা উহার গতি-জাড্যের জন্য আপন গতিবেগ বজায় রাখে। সুতরাং, নৌকাসহ আরোহীর উপর কোন কার্য হইতেছে না।

132. কোন বস্তুকে h উচ্চতায় তুলিতে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে যে-পরিমাণ কার্য করিতে হয় উহার মান, W = বস্তুর ওজন×উচ্চতা

স্পষ্টতই, বস্তুটিকে কত দ্রুত তোলা হইল উহার উপর মোট কৃত কার্যের পরিমাণ নির্ভর করে না। বস্তুটিকে যত দ্রুত প্ল্যাটফর্মে তোলা হইবে তত বেশি ক্ষমতা (power) প্রয়োজন হইবে, কিন্তু ব্যয়িত মোট শক্তির কোন তারতম্য হইবে না।

133. v গতিবেগে ধাবমান m ভরবিশিষ্ট বুলেটের ভরবেগ $= mv$

বুলেটটি কাঠের ব্লকে আঘাত করিয়া উহাতে প্রবিষ্ট হইল (চিত্র 103)। ইহার ফলে উৎপন্ন যুগ্মভরটি [কাঠের ব্লক-ও-বুলেট] v_1 গতিবেগ করিলে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়,

$$mv = (M+m)v_1 \quad \text{বা,} \quad v_1 = \frac{m}{M+v}v \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

$$\text{যুগ্মভরের প্রাথমিক গতিশক্তি} = \tfrac{1}{2}(M+m)V_1^2$$

$$=\frac{m}{M+m}\cdot\frac{1}{2}mv^2 \qquad [(i) \text{ হইতে }]$$

মনে করি, যুগ্মভরটির কৌণিক বিস্তার$=\alpha$

প্রাথমিক অবস্থান হইতে সর্বোচ্চ অবস্থানে উঠিতে যুগ্মভরটির (ব্লক-ও-বুলেট-এর) স্থিতিশক্তির

বৃদ্ধি$=(M+m)\ gx$

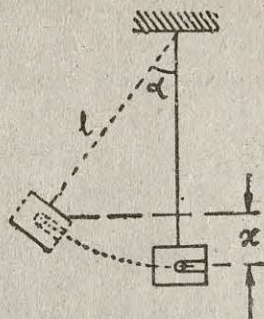
$(M+m)\ \ gl\ \ (1-\cos\alpha)$ (103 নং চিত্রানুসারে)

চিত্র 103

যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণ সূত্রানুসারে পাই,

$$\frac{m}{M+m}\cdot\frac{1}{2}mv^2=(M+m)gl(1-\cos)\alpha$$

$$\text{বা,}\quad \sin^2\frac{\alpha}{2}=\frac{m^2v^2}{4(M+m)^2gl}$$

$$\text{বা,}\quad \alpha=2\sin^{-1}\left\{\frac{mv}{2(M+m)\sqrt{gl}}\right\}$$

134. উক্তিটি ভ্রান্ত। বলাধীন বস্তুর উপর বল-কর্তৃক কৃত কার্য বস্তুটির সরণ এবং ইহার সরণের অভিমুখে বলের উপাংশের গুণফলের সমান। পৃথিবী যখন বৃত্তাকারে কক্ষপথে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করে তখন সূর্য-কর্তৃক প্রযুক্ত মহাকর্ষ বল পৃথিবীর গতিপথের সহিত সর্বদা লম্বভাবে ক্রিয়া করে। পৃথিবীর সরণের অভিমুখে এই মহাকর্ষ বলের কোন উপাংশ নাই বলিয়া সূর্য-কর্তৃক প্রযুক্ত এই বল কক্ষপথে ভ্রাম্যমাণ পৃথিবীর উপর কোন কার্য করে না।

135. অভিকেন্দ্র বল এইরূপ একটি বল। বৃত্তপথে ভ্রাম্যমাণ কোন বস্তুর উপর কেন্দ্রাভিমুখী যে-বল ক্রিয়া করে তাহাই অভিকেন্দ্র বল। ইহা সর্বদা বস্তুর সরণের অভিমুখের সহিত লম্বভাবে ক্রিয়া করে বলিয়া এই বল বস্তুর উপর কোন কার্য করে না।

136. মনে করি, বুলেটটি ব্লকে প্রবিষ্ট হইয়া যে-যুগ্মভর গঠন করে সংঘাতের অব্যবহিত পরে উহার গতিবেগ$=V$

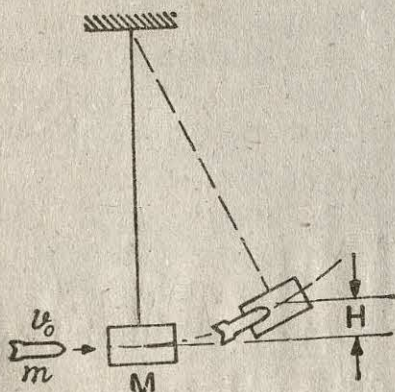
সুতরাং, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়,

বুলেট ও ব্লকের সংঘাত-পূর্ব ভরবেগ

=বুলেট ও ব্লকের সংঘাতোত্তর ভরবেগ

$$\therefore\quad mv_0=(M+m)V$$

$$\text{বা,}\quad V=\frac{m}{M+m}v_0 \quad \cdots \quad (i)$$

চিত্র 104

মনে করি, বুলেট ও ব্লকের যুগ্মভরটি সাম্যাবস্থান হইতে H উচ্চতা পর্যন্ত উঠে (চিত্র 104)। যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণ সূত্র

হইতে লেখা যায়, সাম্যাবস্থায় যুগ্মভরটির গতিশক্তি=H উচ্চতায় উঠিতে উহার স্থিতিশক্তির বৃদ্ধি

বা, $\frac{1}{2}(M+m)V^2=(M+m)gH$ বা, $V^2=2gH$ ... (ii)

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$H=\frac{v_0^2}{2g}\cdot\frac{m^2}{(m+M)^2}$$

● সতর্কতা : এইরূপ প্রশ্নের সমাধান করিতে গিয়া ছাত্র-ছাত্রীরা অনেক সময় ভুল করিয়া গতিশক্তির সংরক্ষণ সূত্র ব্যবহার করিয়া যুগ্মভরের সংঘাতোত্তর গতিবেগ V-এর মান নির্ণয় করে। আলোচ্য প্রশ্নে বুলেট এবং ব্লকের সংঘাতটি একটি অস্থিতিস্থাপক সংঘাত। এইরূপ ক্ষেত্রে গতিশক্তির সংরক্ষণ সূত্র প্রযোজ্য হয় না। লক্ষণীয় যে, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র যেমন সকল প্রকার সংঘাতের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য, গতিশক্তির সংরক্ষণ সূত্রটি সেইরূপ সকল প্রকার সংঘাতের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয় ; ইহা কেবলমাত্র পূর্ণ স্থিতিস্থাপক সংঘাত (perfectly elastic collision)-এর ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য।

137. তাপ এক প্রকার শক্তি। আমরা জানি যে, এক প্রকার শক্তি অন্য প্রকার শক্তিতে রূপান্তরিত হইতে পারে। অভিকর্ষের টানে অবাধে পতনশীল কোন বস্তু যখন উপর হইতে নিচে নামিতে থাকে তখন ইহার অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি হ্রাস পাইতে পারে। এই স্থিতিশক্তি রূপান্তরিত হইয়া বস্তুটির গতিশক্তিতে পরিণত হয়। বস্তুটি যখন ভূমি স্পর্শ করে তখন ঐ গতিশক্তি রূপান্তরিত হইয়া তাপশক্তি এবং শব্দশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এই তাপশক্তিই বস্তুটির উষ্ণতা বাড়ায়।

138. (i) মনে করি, উভয় স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্য-বৃদ্ধি $=s$

কাজেই, প্রথম স্প্রিং-এর উপর কৃত কার্য, $W_1=\frac{1}{2}K_1s^2$ ... (i)

এবং দ্বিতীয় স্প্রিং-এর উপর কৃত কার্য, $W_2=\frac{1}{2}K_2s^2$ ... (ii)

এখন, $K_1>K_2$ বলিয়া (i) এবং (ii) হইতে লেখা যায় যে,

$$W_1>W_2$$

অর্থাৎ, প্রথম স্প্রিং-এর উপর কৃত কার্যের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত বেশি।

(ii) এইবার ধরা যাক যে, উভয় স্প্রিং-এর উপর একই বল F প্রয়োগ করা হইয়াছে।

কাজেই, প্রথম স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্য-বৃদ্ধি, $s_1=\frac{F}{K_1}$ ... (iii)

এবং দ্বিতীয় স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্য-বৃদ্ধি, $s_2=\frac{F}{K_2}$ ... (iv)

অতএব, প্রথম স্প্রিং-এর উপর কৃত কার্য, $W_1=K_1s_1^2=\frac{1}{2}K_1\left(\frac{F}{K_1}\right)^2$

$$=\frac{1}{2}\frac{F^2}{K_1} \quad \text{... (v)}$$

অনুরূপভাবে, দ্বিতীয় স্প্রিং-এর উপর কৃতকার্য,

$$W_1=\frac{1}{2}K_2s_2=\frac{1}{2}K_2\left(\frac{F}{K_2}\right)^2=\frac{1}{2}\frac{F^2}{K_2} \quad \cdots \quad (vi)$$

এখন $K_1>K_2$ বলিয়া সমীকরণ (v) এবং (vi) হইতে দেখা যাইতেছে যে, প্রথম স্প্রিং-এর উপর কৃত কার্য অপেক্ষা দ্বিতীয় স্প্রিং-এর উপর কৃত কার্যের মান বেশি।

139. বস্তুটি h উচ্চতা হইতে নামিয়া v_0 গতিবেগে ট্রাকের উপর পড়িলে লেখা যায়, $\frac{1}{2}mv_0^2=mgh$ বা, $v_0=\sqrt{2gh}$ ··· (i)

এই গতিবেগের অনুভূমিক উপাংশ, $v=v_0\cos\alpha=\sqrt{2gh}\cos\alpha$ ··· (ii)

বস্তুটি বালি-বোঝাই ট্রাকটির উপর পড়িলে যদি বস্তুসমেত বালি-বোঝাই ট্রাকটির গতিবেগ V হয় তাহা হইলে রৈখিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়,

$$(M+m)\,V=mv$$

$$\text{বা,}\quad V=\frac{m}{M+m}\cdot v=\frac{m\sqrt{2gh}\cos\alpha}{m+M}$$

140. কোন বল-কর্তৃক কৃত কার্য ঐ বল এবং উহার অভিমুখে বলাধীন বস্তুর সরণের গুণফলের সমান। কোন দোলক যখন আন্দোলিত হইতে থাকে তখন সূতার টান T-এর অভিমুখ সর্বদাই দোলক-পিণ্ডের সরণের অভিমুখের সহিত লম্বভাবে ক্রিয়া করে (চিত্র 105)। কাজেই সূতার টান T-এর অভিমুখে পিণ্ডের সরণের উপাংশের মান শূন্য। T-এর অভিমুখে পিণ্ডের কোন সরণ ঘটিতেছে না বলিয়া সূতার টান T-পিণ্ডের উপর কোন কার্য করে না।

চিত্র 105

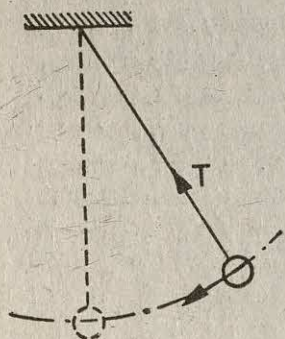
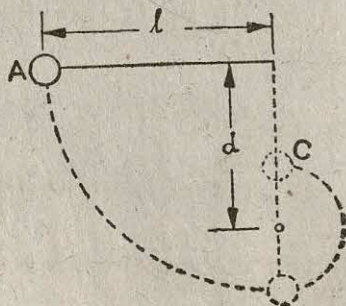
141. দোলক-পিণ্ডটি উহার প্রাথমিক অবস্থান A হইতে যখন উহার সর্বনিম্ন অবস্থান B-তে নামিয়া আসে (চিত্র 106) তখন উহার গতিবেগ v_0 হইলে লেখা যায়,

$\frac{1}{2}mv_0^2=mgl$ (স্থিতিশক্তির হ্রাস)

বা, $v_0^2=2gl$ ··· (i)

দোলক-পিণ্ডটি যদি পেরেকটিকে কেন্দ্র করিয়া বৃত্তপথে ঘুরিতে সক্ষম হয় তাহা হইলে লেখা যাইবে যে,

C-বিন্দুতে দোলক-পিণ্ডের মোট শক্তি $\{\frac{1}{2}mv^2+mg\times2(l-d)\}$

= A বিন্দুতে দোলক-পিণ্ডের মোট শক্তি, $\frac{1}{2}mv_0^2$

চিত্র 106

$$\text{বা} \quad v^2+4g\,(l-d)=v_0^{\,2} \qquad \cdots \qquad \text{(ii)}$$

এখানে v=C-বিন্দুতে দোলক-পিণ্ডের গতিবেগ। এখন, v-এর ন্যূনতম মান এইরূপ হওয়া প্রয়োজন যাহাতে C-বিন্দুতে দোলক-পিণ্ডের উপর ক্রিয়াশীল অপকেন্দ্র বল অন্তত উহার ওজন mg-এর সমান হয়।

কাজেই, ঐ সীমাস্থ অবস্থায়, $\dfrac{mv^2}{(l-d)}=mg$

$$\text{অর্থাৎ, } v^2=g\,(l-d) \qquad \cdots \qquad \text{(iii)}$$

কাজেই, (i) এবং (ii) হইতে পাই, $g(l-d)+4g(l-d)=v_0^{\,2}$

সমীকরণ (i) হইতে $v_0^{\,2}$-এর মান বসাইয়া পাই,

$$g(l-d)+4g(l-d)=2gl \quad \text{বা,} \quad l-d+4(l-d)=2l$$

$$\text{বা,} \quad 5d=3l \quad \text{বা,} \quad d=0{\cdot}6l$$

● **অনুরূপ প্রশ্ন :** একটি সরল দোলকের বিলম্বন-বিন্দু হইতে কিছুটা নিচে একটা পেরেক রহিয়াছে। দোলকের সূতাটি যখন উল্লম্ব রেখার সহিত 60° কোণ করিয়া আছে তখন দোলন-পিণ্ডটিকে ছাড়িয়া দেওয়া হইল। বিলম্বন-বিন্দু হইতে পেরেকটির দূরত্ব কত হইলে দোলক-পিণ্ডটি ঐ পেরেকটিকে কেন্দ্র করিয়া বৃত্তপথে ঘুরিতে সমর্থ হইবে তাহা নির্ণয় কর। ধরিয়া লও যে, দোলকটির দৈর্ঘ্য 1 মিটার।

[A nail is located to a certain distance vertically below the point of suspension of a simple pendulum. The pendulum bob is released from a position where the string makes an angle 60° with the vertical. Calculate the distance of the nail from the point of suspension such that the bob will just perform revolutions with the nail as centre. Assume that the length of the pendulum is 1 metre.] (I. I. T. Adm. Test, 1975)

142. (i) কপিকলের সূতার মুক্ত প্রান্তটি x দূরত্ব টানিলে সূতাটির দুই অংশের $x/2$ দৈর্ঘ্যহ্রাস ঘটিবে। কাজেই, ইহাতে ভারটি $x/2$ দূরত্ব উঠিবে।

(ii) বস্তুটির অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তির বৃদ্ধি=বস্তুটির (W)×উল্লম্ব অভিমুখে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $\quad \dfrac{x}{2}=\dfrac{Wx}{2}$

(iii) ভারটি সূতার দুই অংশ দ্বারা ধৃত বলিয়া উহার উভয় অংশে ক্রিয়াশীল টান W/2-এর সমান। কাজেই, সূতার মুক্ত প্রান্তে প্রযুক্ত বল F-এর মানও $\dfrac{W}{2}$-এর সমান হইবে। এই বল-কর্তৃক কৃত কার্য$=F\times x=\dfrac{Wx}{2}$

(iv) আলোচ্য কপিকল ব্যবস্থার যান্ত্রিক সুবিধা$=\dfrac{\text{বাধা (load)}}{\text{প্রযুক্ত বল (effect)}}=\dfrac{W}{F}$

$$=\frac{W}{W/2}=2$$

143. বক্রপথের নিচে আসিয়া বস্তুটির গতিবেগ কত হইবে তাহা যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণ সূত্র হইতে নির্ণয় কর।

B অবস্থানে বস্তুটির গতিশক্তি

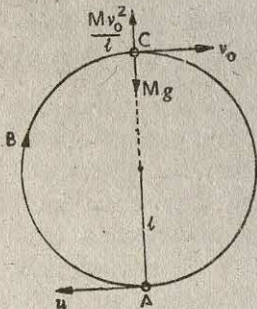
= A অবস্থান হইতে B অবস্থানে আসিতে বস্তুটির স্থিতিশক্তির হ্রাস

কাজেই, বস্তুটির ভর m হইলে এবং B অবস্থানে ইহার গতিবেগ v হইলে লেখা যায়, $\frac{1}{2}mv^2=mgR$, এখানে, g=অভিকর্ষজ ত্বরণ

$$\therefore \quad v=\sqrt{2gR}$$

144. ধরি, বুলেটের সহিত সংঘাতের ফলে দোলক-পিণ্ডে u গতিবেগ সঞ্চারিত হয়। ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়,

বুলেটের সংঘাতপূর্ব ভরবেগ=বুলেটের সংঘাতোত্তর ভরবেগ+পিণ্ডে সঞ্চারিত ভরবেগ

$$\text{বা,} \quad mv=m.\frac{v}{2}+Mu \quad \text{বা,} \quad u=\frac{m}{M}.\frac{v}{2} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

চিত্র 107

মনে করি, এই গতিবেগ লাভ করিয়া দোলক-পিণ্ডটি ABC বৃত্তপথে ঘুরিয়া গেল এবং C-বিন্দুতে আসিয়া দোলক-পিণ্ডের গতিবেগ হইল v_0।

শক্তির সংরক্ষণ-সূত্র হইতে পাই,

A বিন্দুতে পিণ্ডের গতিশক্তি = B বিন্দুতে পিণ্ডের গতিশক্তি + পিণ্ডের স্থিতিশক্তি বৃদ্ধি

$$\text{বা,} \quad \tfrac{1}{2}Mu^2=\tfrac{1}{2}M\,v_0{}^2+Mg\times 2l$$

$$\text{বা,} \quad u^2=v_0{}^2+4gl \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

স্পষ্টতই, C বিন্দুতে দোলক-পিণ্ডের ন্যূনতম গতিবেগ এইরূপ হওয়া প্রয়োজন যাহাতে ঐ বিন্দুতে পিণ্ডের উপর ক্রিয়াশীল অপকেন্দ্র বল অন্তত পিণ্ডটির ওজনের সমান হয়।

অর্থাৎ, v_0-এর সর্বনিম্ন মান নিম্নের সমীকরণ হইতে পাওয়া যাইবে,

$$\frac{Mv_0{}^2}{l}=Mg \quad \text{বা,} \quad v_0{}^2=gl \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

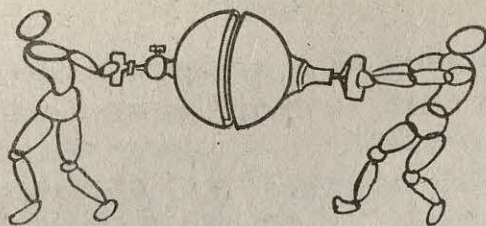
$$\frac{m^2}{M^2}\cdot\frac{v^2}{4}=v_0{}^2+4gl \text{ বা,} \quad v^2=\frac{4M^2}{m^2}(v_0{}^2+4gl)$$

সমীকরণ (iii) হইতে v_0-এর ন্যূনতম মান বসাইয়া v-এর ন্যূনতম মান পাওয়া যাইবে।

$$\text{অর্থাৎ,} \quad v_{min}{}^2=\frac{4M^2}{m^2}(gl+4gl) \quad \text{বা,} \quad v_{min}=2M\sqrt{5gl}/m$$

145. মনে করি, কোন ব্যক্তি h উচ্চতা হইতে ভূমিতে পড়িতেছে। h উচ্চতায় অবস্থানকালে তাহার স্থিতিশক্তি mgh-এর সমান (এখানে, $m=$ব্যক্তির ভর এবং $g=$ অভিকর্ষজ ত্বরণ)। কাজেই, ভূমিতে স্পর্শ করিবার পূর্ব মুহূর্তে ঐ ব্যক্তির গতিশক্তিও হইবে mgh। ভূমির উপর আঘাত করিলে ভূমিও ব্যক্তির উপর ঊর্ধ্বমুখী বল প্রয়োগ করিবে। এই বলের ক্রিয়ায় উক্ত ব্যক্তি স্থির অবস্থায় আসিবে। ভূমি যত নরম হইবে ভূমি স্পর্শ করিবার পর হইতে স্থির অবস্থায় আসিবার পূর্ব পর্যন্ত ঐ ব্যক্তি তত বেশি দূরত্ব অতিক্রম করিবে। ধরি, ভূমিতে আঘাত করিবার পর হইতে থামিবার পূর্ব পর্যন্ত ঐ ব্যক্তি আরও x দূরত্ব গেল। এই দূরত্ব যাইবার সময় ভূমি-কর্তৃক ব্যক্তির উপর প্রযুক্ত ঊর্ধ্বমুখী বল F হইলে লেখা যায়,

$$(F-mg)\,x=mgh \quad \text{বা,} \quad F=mg\left(1+\frac{h}{x}\right)$$

দেখা যাইতেছে যে, x-এর মান যত বেশি হইবে F-এর মানও তত বেশি হইবে। বালির উপর পড়িলে ব্যক্তিটি যতটা দূরত্ব গিয়া থামিবে, পাকা মেঝে বা অন্য কোন শক্ত ভূমির উপর পড়িলে ঐ ব্যক্তি থামিবার পূর্বে ততটা দূরত্ব অতিক্রম করিতে পারিবে না। অর্থাৎ, বালির ক্ষেত্রে x-এর মান অপেক্ষাকৃত বেশি হইবে এবং F-এর মান কম হইবে। এই কারণেই, একই উচ্চতা হইতে বালির উপর না পড়িয়া পাকা মেঝেতে বা অন্য কোন শক্ত ভূমিতে পড়িলে ঐ ব্যক্তি অপেক্ষাকৃত বেশি আঘাত পাইবে।

সাধারণ পদার্থবিজ্ঞান

প্রশ্নাবলী

মহাকর্ষ

146. কোন গ্রহ হইতে একটি বস্তুকণার মুক্তিবেগ ঐ বস্তুকণার ভরের উপর নির্ভর করিবে কি ?

[Does the escape velocity of a particle from a planet depend on the mass of the particle ?] [Model Question, C. U.]

147. দুইটি কৃত্রিম উপগ্রহ একই উচ্চতায় পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করিতেছে। ইহাদের একটির ভর অপরটির ভরের দ্বিগুণ। ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি অপেক্ষাকৃত দ্রুত চলিতেছে ?

[Two artificial satellites are revolving round the earth at the same altitude. The mass of one is twice the other. Say which one is moving faster ?] [Model Question, C. U.]

148. পৃথিবীপৃষ্ঠ অপেক্ষা চন্দ্রপৃষ্ঠে মুক্তিবেগের মান বেশি হয় কি ? ব্যাখ্যা কর।

[Is the escape velocity on moon is greater than that on the earth ? Explain.] [Model Question, C. U.]

149. পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে হাইড্রোজেন, হিলিয়াম ইত্যাদি হাল্‌কা গ্যাসীয় উপাদানগুলি দুষ্প্রাপ্য কেন বল ?

[State why lighter gaseous elements like hydrogen, helium etc. are rare in the earth's atmosphere. [Model Question, C. U.]

150. গ্রহগুলি বৃত্তপথে ঘুরিতেছে এইরূপ ধরিয়া লইয়া কেপলারের সূত্রের সাহায্যে দেখাও যে, গ্রহগুলির ত্বরণ সূর্য হইতে উহাদের দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। ইহার তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর এবং ইহা হইতে কীরূপে নিউটনের মহাকর্ষ সূত্রে উপনীত হওয়া যায় দেখাও।

[Assuming that the planets are moving in a circular orbits, apply Kepler's laws to show that the acceleration of a planet is inversely proportional to the square of its distance from the sun. Explain the significance of this and clearly show how it leads to Newton's law of universal gravitation.]

151. একটি কৃত্রিম উপগ্রহ ρ ঘনত্ববিশিষ্ট একটি গোলাকার গ্রহের পৃষ্ঠের

ঠিক উপরে একটি কক্ষপথে আছে। যদি উপগ্রহটির আবর্তনকাল T হয় তাহা হইলে ρT^2-এর একটি গাণিতিক সম্পর্ক নির্ণয় কর এবং ইহার মান সম্বন্ধে আলোচনা কর।

[An artificial satellite is in orbit just above the surface of a spherical planet of density ρ. If the period of revolution is T, find an expression for ρT^2 and comment on its value.]

152. পৃথিবীর ঘূর্ণনের হার যদি এইরূপ হয় যাহাতে নিরক্ষীয় অঞ্চলে অবস্থিত কোন ব্যক্তি নিজেকে ভারশূন্য অনুভব করে তাহা হইলে দিনের দৈর্ঘ্য কী হইবে নির্ণয় কর। দেওয়া আছে যে, পৃথিবীর ব্যাসার্ধ = 6400 km এবং নিরক্ষীয় অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণ = 980 cm/sec^2।

[Calculate the required length of the 'day', if the rate of rotation of the earth on the axis were such that a person feels weightless at the equator. Given that the radius of the earth = 6400 km and the accelaration due to gravity at the equator = 980 cm/sec^2.]

153. পৃথিবী যদি নিখুঁত সুষম গোলক হইত তথাপিও মেরু অঞ্চলে এবং নিরক্ষীয় অঞ্চলে একটি সরল দোলকের দোলনকাল সমান হইত না কেন ব্যাখ্যা কর। পৃথিবী একটি নিখুঁত গোলক এইরূপ ধরিলে কোন বস্তুকে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতা পর্যন্ত তুলিতে হইলে পৃথিবীর সর্বত্র উহাকে একই গতিবেগে ঊর্ধ্বমুখে উৎক্ষেপ করিতে হইবে কিনা আলোচনা কর।

[Explain why, even if the earth were a perfect sphere, the period of oscillation of a simple pendulum at the poles would not be the same as at the equator. Assuming the earth to be perfectly spherical, discuss whether the velocity required to project a body vertically upwards, so that it rises to a given height, will be same for all places on the earth.]

154. দেখাও যে, পৃথিবীর আবর্তনের ফলে 0° এবং 90° অক্ষাংশ ছাড়া অন্য সকল অঞ্চলে ওলন-দড়ি উল্লম্ব-রেখা হইতে কিছুটা হেলিয়া থাকিবে। ইহাও দেখাও যে, 45° অক্ষাংশে এই ক্রিয়া সর্বোচ্চ। g-এর মান 9·81 ms^{-2} এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km হইলে এই অক্ষাংশে ইহার মান নির্ণয় কর।

[Show that the rotation of the Earth causes a plumb-line to hang slightly out of the vertical in all latitudes except 0° and 90°. Show further that this effect is maximum for the latitude 45°. Calculate its magnitude for this latitude if g is 9·81 ms^{-2} and the radius of the Earth is 6400 km.]

155. যে-স্থানে g-এর মান 32·64 ft/sec^2 সেখানে একটি স্প্রিং-তুলার অংশাঙ্কন করা হইল ; যে-স্থানে g-এর মান 32 ft/sec^2 সেখানে একটি বস্তুর ওজন লইয়া স্প্রিং-তুলাটিতে 1 lb-wt পাঠ পাওয়া গেল। বস্তুটির প্রকৃত ভর কত ?

[A spring-balance is graduated at a place where g = 32·64 ft/sec^2. At a place where g = 32 ft/sec$_2$, a body is tested and the balanee indicates 1 in wt. What is the correct mass of the body ?]

156. 'কোন বস্তুর ওজন উহার অপরিবর্তনীয় স্বধর্ম নয়।' উক্তিটি ব্যাখ্যা কর।

['Weight is not an essential property of a body.'—Explain the statement.]

157. 'স্প্রিং-তুলা কোন বস্তুর ওজন পরিমাপ করে, কিন্তু সাধারণের তুলাযন্ত্র ভর পরিমাপ করে।' ব্যাখ্যা কর।

['A spring balance measures weight, but a common balance measures mass of a body.' Explain.]

158. (i) পৃথিবীর আবর্তন বন্ধ হইয়া গেলে, (ii) পৃথিবীর আবর্তন-বেগ বৃদ্ধি পাইলে, (iii) পৃথিবীর আবর্তন-বেগ উহার বর্তমান বেগের 17 গুণ হইলে অভিকর্ষজ ত্বরণ, g-এর মান কী হইবে ?

[What will happen to the value of the acceleration due to gravity. g, if (i) the earth stops rotating. (ii) the speed of the earth increases, (iii) the speed of the earth increases seventeen times its present value ?]

159. সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব উহার বর্তমান দূরত্বের অর্ধেক হইলে বৎসরের দৈর্ঘ্য কত হইবে ?

[What would be the length of the year if the earth were at half its present distance from the sun ?]

160. পৃথিবীর একটি কৃত্রিম উপগ্রহ এমন একটি কক্ষপথে স্থাপিত রহিয়াছে যাহাতে পৃথিবী-পৃষ্ঠে অবস্থিত কোন দর্শকের সাপেক্ষে উহা স্থির অবস্থায় থাকে। এই উপগ্রহটি আন্তর্মহাদেশীয় টেলিভিশন সঙ্কেত প্রেরণ ও অন্যান্য যোগাযোগের জন্য স্থির রিলে-স্টেশনের ন্যায় কাজ করে। উপগ্রহটিকে পৃথিবী হইতে কতটা উচ্চতায় স্থাপন করিতে হইবে ? ইহার গতির অভিমুখ কীরূপ হইবে ?

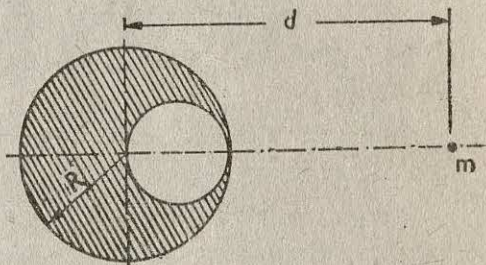
[Consider an earth satellite so positioned that it appears stationary to an observer on the earth and serves the purpose of a fixed relay station for inter continental transmission of television and other communications. What would be the height at which the satellite should be positioned and what would be the direction of its motion ?] (I. I. T. Adm. Test, 1973)

161. 'সূর্যের আকর্ষণ-বল পৃথিবী-পৃষ্ঠের সকল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। রাত্রিতে (যখন সূর্য 'আমাদের পায়ের নিচে' থাকে) এই বল পৃথিবীর আকর্ষণের সহিত যুক্ত হয়। দিনের বেলা (যখন সূর্য 'আমাদের মাথার উপরে' থাকে) সূর্যের এই আকর্ষণ বল পৃথিবীর আকর্ষণের বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে। কাজেই, দিন অপেক্ষা রাত্রিতে সকল বস্তু অপেক্ষাকৃত বেশি ভারী হইবে।' ইহা কি সত্য ?

['The force of Sun's attraction acts on all bodies on the surface of the earth. At night when the sun is 'beneath our feet') this force gets combined with the force of earth's attraction, by day (when the sun is 'above our heads') it acts against the earth's attraction. Therefore, at night all objects should be heavier than they are by day.' Is this true ?] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

162. পৃথিবী-পৃষ্ঠে অবস্থিত বস্তুসমূহের উপর চন্দ্র অপেক্ষা সূর্য বেশি মহাকর্ষ বল প্রয়োগ করে। তথাপি, জোয়ার-ভাঁটা প্রধানত চন্দ্রের আকর্ষণেই সৃষ্টি হয় সূর্যের আকর্ষণে নয়। ইহার কারণ কী ?

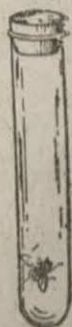
[The sun attracts the objects on the surface of the earth with a greater force than the moon. Yet the phenomenon of ebb and flow is caused chiefly by the agency of the moon and not of the sun. Why ?]

163. R ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি সীসার গোলকের মধ্যে একটি গোলাকার ফাঁপা অংশ সৃষ্টি করা হইল। এই ফাঁপা গোলকটির পৃষ্ঠ সীসার গোলকের পৃষ্ঠকে স্পর্শ করে এবং উহার কেন্দ্রের মধ্য দিয়া যায়। ফাঁপা অংশটি সৃষ্টি করিবার পূর্বে সীসার গোলকটির ভর ছিল M। মহাকর্ষ সূত্রানুসারে, এই সীসার গোলকটি দুই গোলকের কেন্দ্রের সংযোজী সরলরেখার উপর এবং সীসার গোলকের কেন্দ্র হইতে ফাঁপা অংশের দিকে d দূরত্বে অবস্থিত m ভরবিশিষ্ট একটি ক্ষুদ্র গোলকের উপর কী বল প্রয়োগ করিবে (চিত্র 108) ?

চিত্র 108

[A spherical cavity is made in a lead sphere of radius R, such that its surface touches the outside of the lead sphere and passes through its centre. The mass of the sphere previous to hollowing was M. With what force (according to the universal law of gravitation) will the lead sphere attract a small sphere of mass m situated at a distance d from the centre of the lead sphere on the straight line joining the centres of the sphere and the side of the hollow (Fig. 108)] ?

164. পৃথিবীর একটি ব্যাস বরাবর উহার এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠ পর্যন্ত একটি সুড়ঙ্গ কাটা হইল এবং একটি বস্তুকে ঐ সুড়ঙ্গে ফেলা হইল। বস্তুটির গতি বর্ণনা কর।

[A tunnel is dug through the earth from one side to the other along a diameter and a body is dropped in the tunnel. Describe the motion of the body.]

165. একটি পরখ-নলে একটি মাছি বসিয়া আছে। পরখ-নলটি অভিকর্ষের প্রভাবে উল্লম্ব অবস্থায় অবাধে পড়িতে লাগিল (চিত্র 109)। পরখ-নলটি যখন নিচে পড়িতেছে তখন মাছিটি পরখ-নলের তলা হইতে উপরের দিকে উঠিতে থাকিলে পরখ-নলটির পতন-কাল পরিবর্তিত হইবে কি ?

[A fly is sitting at the bottom of a test-tube. The test-tube is falling freely under gravity, maintaining its vertical position (Fig. 109). How will the time of test-tube's fall be affected if the fly, during the test-tube's fall, flies up from the bottom of the test-tube to its top ?]

চিত্র 109

166. হাল্কা বস্তু অপেক্ষা ভারী বস্তু আগে ভূমিতে পড়ে, কিন্তু এক টুকরা কাগজের একটি চাক্তির উপর রাখিলে উহারা একই সঙ্গে ভূমিতে পড়ে। ব্যাখ্যা কর।

[Explain why a heavy body appears to reach the ground more quickly than a lighter body, while a piece of paperlaid on a metal disc reaches the ground simultaneously.]

167. τ sec ব্যবধানে দুইটি বস্তু পর পর একই উচ্চতা হইতে অবাধে পড়িতে লাগিল। প্রথম বস্তুটির পতন শুরু হইবার কতক্ষণ পর বস্তু দুইটির মধ্যবর্তী দূরত্ব l হইবে ?

[Two bodies begin a free fall from the same height at an interval τ sec apart. How long after the first body begins to fall will the two bodies the separated by a distance l ?]

168. যদি দুইটি বস্তু A এবং B-কে T সময়ের ব্যবধানে অবাধে পড়িতে দেওয়া হয় তাহা হইলে দেখাও যে, B-বস্তুর সাপেক্ষে A বস্তুর গতিবেগ একটি ধ্রুবক।

[Show that if two bodies A and B be let fall freely at a time interval T apart, the velocity of A relative to B is constant.]

169. একটি অট্টালিকার উপর হইতে যে-মুহূর্তে একটি বলকে ছাড়িয়া দেওয়া হইল সেই মুহূর্তেই অপর একটি বলকে সম্মুখের দিকে (অনুভূমিক রেখা বরাবর) উৎক্ষিপ্ত করা দইল। কোন্ বলটি আগে ভূমি স্পর্শ করিবে ? ব্যাখ্যা কর।

[A ball is dropped from the top of a building while another one is thrown forward at the same instant. Which ball will strike the ground first ? Explain.] (I. I. T. Adm. Test, 1974)

170. একটি বালক বায়ুতে উল্লম্বভাবে উপরের দিকে বল ছুঁড়িতেছে। একটি বল যখন উহার সর্বোচ্চ অবস্থানে উঠে তখন সে পরবর্তী বলটি ছোঁড়ে। প্রতি সেকেণ্ডে সে n বার বল ছুঁড়িলে বলগুলি কতটা উচ্চতা পর্যন্ত উঠে ?

[A boy is throwing balls vertically upwards into the air, throwing one whenever the previous one is at its highest point. How high do the bails rise if he throws n times a second ?]

171. স্থির অবস্থা হইতে বাধাহীনভাবে পতনশীল কোন বস্তু উহার গতিপথের n-তম সেন্টিমিটার অতিক্রম করিতে কত সময় লইবে ?

[How long will a body, falling freely from rest take to pass n-th centimeter of its path ?]

172. একটি বুলেট উল্লম্বভাবে ঊর্ধ্বমুখে উঠিয়া সর্বোচ্চ অবস্থানে পৌঁছায়

এবং পুনরায় উল্লম্ব ভাবে নিম্নাভিমুখে ফিরিয়া আসে। গতিপথের কোন্ অবস্থানে বুলেটের ত্বরণ সর্বোচ্চ এবং কোন্ অবস্থানে সর্বনিম্ন হইবে? বায়ুজনিত বাধা বুলেটের গতিবেগের সহিত সমানুপাতে বৃদ্ধি পায়।

[A bullet travels vertically upwards, reaches its highest point and falls back vertically downwards. At what points of its trajectory does the bullet's acceleration have its maximum and minimum value? Take into account air-resistance which increases in proportion to the increase of the bullet's velocity.]

173. একটি স্প্রিংকে একটি লম্বা নলের মধ্যে রাখা হইল। যখন ইহার উপর কোন বাহ্যিক বল ক্রিয়া করে না তখন স্প্রিংটি নলের সম্পূর্ণ দৈর্ঘ্য জুড়িয়া থাকে। একটি গোলককে স্প্রিং-এর উপর স্থাপন করা হইল এবং ইহাতে স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য সংনমিত হইয়া ইহার প্রাথমিক দৈর্ঘ্যের প্রায় অর্ধেক হইল (চিত্র 110)। ইহার পর নলটি উল্লম্ব রেখার সহিত আনত অবস্থায় অভিকর্ষের টানে পড়িতে লাগিল। ইহাতে গোলকটির কী হইবে?

[A spring is put into a large tube and occupies the tube's full length when it is not subjected to outside forces. A sphere is placed on the top of the spring and compresses it to approximately half its previous length (Fig. 110). Then the tube begin's to fall under gravity in an inclined position. What will happen to the sphere?]

চিত্র 110

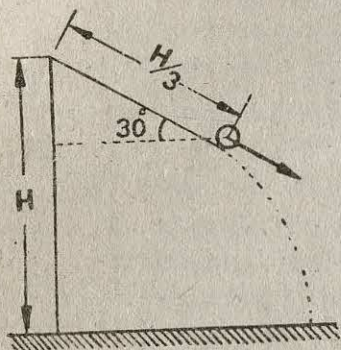
174. একটি দ্রুতগামী ট্রেনের মধ্যে একটি বলকে এবং একটি মিনারের চূড়া হইতে অপর একটি বলকে অবাধে পড়িতে দিলে কোন্‌টি অপেক্ষাকৃত দ্রুত ভূমিতে পড়িবে? ব্যাখ্যা কর।

[Does a ball you drop in a speedy train fall as fast as one released from the top of a tower? Explain your answer.]

175 অনুভূমিক রেখার সহিত একটি নির্দিষ্ট কোণে উৎক্ষিপ্ত একটি গোলা উহার অধিবৃত্তাকার সঞ্চারপথের শীর্ষবিন্দুতে পৌঁছিয়া বিস্ফোরণের ফলে একই ভরবিশিষ্ট দুইটি খণ্ডে বিভক্ত হইয়া গেল এবং এই বিস্ফোরণের ফলে গোলার এক খণ্ড উহার পূর্ববর্তী সঞ্চারপথ অনুসরণ করিয়া উৎক্ষেপণ-বিন্দুতে ফিরিয়া গেল। অন্য খণ্ডটি কোথায় পড়িবে? দুইটি খণ্ড কি একই সঙ্গে ভূমি স্পর্শ করিবে? বায়ু-জনীত বাধা উপেক্ষা কর।

[A shell fired at a certain angle to the horizontal, bursts into two fragments of equal mass at the top of its parabolic trajectory. One fragment returns to the point of firing as a result of explosion, following its original trajectory. Where will the other fragment fall? Will both fragments hit the ground at the same moment? Neglect air resistance.]

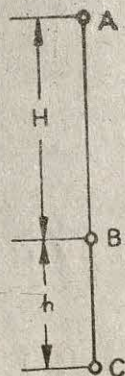
176. H উচ্চতা হইতে যাত্রা শুরু করিয়া একটি বল অনুভূমিক তলের সহিত

30° কোণে আনত একটি মসৃণ নততলের উপর দিয়া ঘর্ষণহীভাবে পিছলাইয়া নিচে পড়িতেছে (চিত্র 111)। নততলটির দৈর্ঘ্য H/3। ইহার পর বলটি অনুভূমিক তলে পতিত হইলে ঐ তলের সহিত বলটির সংঘাত ঘটে। এই সংঘাতকে পূর্ণ স্থিতিস্থাপক সংঘাত বলিয়া মনে করা যায়। অনুভূমিক তলে আঘাত করিয়া বলটি কতটা উচ্চতা পর্যন্ত উঠিবে ?

চিত্র 111

[Starting from a height H, a ball slips without friction, down a smooth plane inclined at an angle of 30° to the horizontal (Fig 111). The length of the plane is H/3. The ball then falls on a horizontal surface with an impact that may be taken as perfectly elastic. How much does the ball after rise striking the horizontal plane ?]

177. h উচ্চতাবিশিষ্ট একটি পাহাড়ের উপর হইতে একটি পাথর ফেলা হইল। একই মুহূর্তে পাহাড়ের নিচ হইতে অপর একটি পাথরকে u প্রাথমিক বেগে উল্লম্ব রেখা বরাবর ঊর্ধ্বমুখে উৎক্ষেপ করা হইল। t সময় পর পাথর দুইটি একই অনুভূমিক তলে আসিল। t-এর মান নির্ণয় কর। কোন্ শর্ত পালিত হইলে এই তলে পাথরদ্বয়ের গতিবেগ সমান হইবে ?

[A stone is dropped from a cliff of height h at the same moment as another stone is thrown vertically upward from the bottom of the cliff with initial velocity u. The stones are at the same horizontal level after a time t. Find an expression for t. What condition must be satisfied for the stones to have equal speeds at this level ?]

178. একটি বস্তু (H + h) উচ্চতায় অবস্থিত একটি বিন্দু A হইতে অভিকর্ষের টানে অবাধে নিচে পড়িতেছে (চিত্র 112)। প্রথমে বস্তুটি যখন পড়িতে শুরু করিল, ঠিক তখনই C বিন্দু হইতে অপর একটি বস্তু u প্রাথমিক বেগে ঊর্ধ্বাভিমুখে উৎক্ষিপ্ত হইল। দ্বিতীয় বস্তুটির প্রাথমিক গতিবেগ u-এর মান কত হইলে বস্তুদ্বয় h উচ্চতায় অবস্থিত B বিন্দুতে মিলিত হয় ? এই প্রারম্ভিক বেগে উৎক্ষিপ্ত হইলে বস্তুটি সর্বোচ্চ কী উচ্চতা পর্যন্ত উঠিবে ? যখন H-এর মান h-এর সমান সেই বিশেষ ক্ষেত্রটি বিবেচনা কর।

চিত্র 112

[A body falls freely under gravity from a point A at a height (H + h) (Fig 112). Another body is projected upwards with an initial velocity u from point C jusast

the first begins to fall. What should be the initial velocity u of the second body so that they meet at point B at the given height h? At this initial velocity, what will be the greatest height attained by the second body? Consider the special case when H equals h]

179. কোন গ্রহে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান 196 cm/sec². যদি পৃথিবীতে 2 m উচ্চতা হইতে লাফ দেওয়া নিরাপদ হয়, তাহা হইলে উক্ত গ্রহে সর্বোচ্চ কতটা উচ্চতা হইতে লাফ দেওয়া নিরাপদ ?

[The acceleration due to gravity on a planet 196 cm/sec². If it is safe to jump from a height of 2 m on the earth, what will be the corresponding safe height on the planet ?]
(I. I. T. Adm. Test, 1972)

180. ভূমি হইতে কিছুটা উপরে একটি পাহাড়ের ধারে দণ্ডায়মান এক ব্যক্তি একটি বলকে u প্রাথমিক বেগে সোজাসুজি ঊর্ধ্বমুখে ছুঁড়িল এবং ইহার পর অপর একটি বলকে সোজাসুজি একই বেগে নিচের দিকে ছুঁড়িল। বল দুইটি যখন ভূমি স্পর্শ করে তখন উহাদের মধ্যে একটি বলের বেগ অপরটির বেগ অপেক্ষা বেশি হইলে কোন্‌টির বেগ অপেক্ষাকৃত বেশি হইবে ?

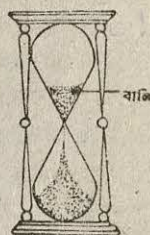
[A man standing on the edge of a cliff at some height above the ground below throws one ball straight up with initial speed u and then throws another ball, downwards with the same speed. Which ball, if either, has the larger speed when it hits the ground ? Neglect air friction.]

181. কোন মসৃণ নততলের উপর হইতে ছাড়িয়া দেওয়ায় একটি ব্লক ঐ নততল বরাবর নিচে নামিয়া আসিল। একই উচ্চতা হইতে অপর একটি ব্লককে মুক্তভাবে পড়িতে দেওয়া হইল। উহাদের মধ্যে (i) কোন্‌টি আগে এবং (ii) কোন্‌টি অপেক্ষাকৃত বেশি গতিবেগে ভূমি স্পর্শ করিবে ?

[A block slides down a smooth inclined plane when released from the top, while another falls freely from the same point. Which one of them will strike the ground (i) earlier and (ii) with greater velocity ?]
(I. I. T. Adm. Test, 1974)

চিত্র 113

182. একটি বালি-ঘড়িকে একটি সুবেদী তুলাযন্ত্রের সাহায্যে ওজন করা হইতেছে। প্রথম যখন উপরের অংশ হইতে নিচের অংশে নির্দিষ্ট হারে বালি পড়িতেছে (চিত্র 113) তখন বালি-ঘড়িটির ওজন লওয়া হইল। ইহার পর যখন ইহার উপরের অংশটি সম্পূর্ণ বালি-শূন্য তখন পুনরায় ইহার ওজন লওয়া হইল। উক্ত দুই ওজন সমান হইবে কি ? ব্যাখ্যা কর।

[A sand-glass (or a hour-glass) is being weighed in a sensitive balance, first when sand is dropping in a steady stream from upper

to lower part (Fig 113) and then again when upper part is empty. Are the two weights same? Explain.] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1979)

* * *

দোলক

183. 'বাস্তবে সরল দোলক নির্মাণ করা সম্ভব নয়'—উক্তিটি আলোচনা কর।

['A simple pendulum cannot be realised in practice.' Discuss the statement.]

184. দুইটি সরল দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্যের মান সমান। একটি দোলকের পিণ্ডের ভর অপর দোলকটির পিণ্ডের ভরের 16 গুণ হইলে দোলক দুইটির দোলনকাল তুলনা কর।

[The effective lengths of two pendulums are equal. The mass of the bob of one is 16 times the mass of the bob of the other. Compare the time-periods of the two pendulums.]

185. চন্দ্রপৃষ্ঠে বিদ্যমান জনৈক মহাকাশচারী দেখিল যে, ঐ স্থানে একটি সরল দোলকের দোলনকাল উহার পৃথিবী-পৃষ্ঠে অবস্থান কালীন দোলনকাল অপেক্ষা অনেক বেশি এবং পৃথিবী-পৃষ্ঠ অপেক্ষা চন্দ্রপৃষ্ঠে দোলন অপেক্ষাকৃত বেশি সময় স্থায়ী হয়। এই পর্যবেক্ষণ হইতে চন্দ্র সম্পর্কে কী কী তথ্য পাওয়া যায়?

[An astronaut on the surface of the moon finds that the period of a simple pendulum there is much longer than that on the earth and that the pendulum continues to oscillate for a much longer time than on the earth. What informations regarding the moon could be obtained from these observations?]

(I. I. T. Adm. Test, 1977)

186. পিতলের তৈয়ারী ফাঁপা গোলাকার পিণ্ডবিশিষ্ট একটি দোলক-ঘড়ি সমুদ্র-তলে সঠিক সময় দেয়। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে ঘড়িটি কীরূপ সময় রাখিবে যুক্তিসহ বুঝাইয়া বল: (i) দোলকটিকে দার্জিলিং লইয়া যাওয়া হইল, (ii) দোলকের ফাঁপা পিণ্ডটিকে জল দ্বারা সম্পূর্ণভাবে ভর্তি করা হইল, (iii) দোলকের ফাঁপা পিণ্ডটিকে জল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করা হইল, (iv) দোলকের পিণ্ডটি একটি সীসার পিণ্ড দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইল, (v) দোলক-ঘড়িটিকে চাঁদে লইয়া যাওয়া হইল, (vi) দোলক-ঘড়িটিকে নিরক্ষীয় অঞ্চল হইতে মেরুতে লইয়া যাওয়া হইল।

[A pendulum clock having a hollow brass bob keeps correct time at sea-level. Discuss how it will run if: (i) it is taken to Darjeeling, (ii) the hollow bob is completely filled with water, (iii) the bob is half filled with water, (iv) the bob is replaced by another bob made of lead, (v) the pendulum clock is taken to the moon, (vi) it is taken from the equator to the poles.]

187. l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট সূতা হইতে ঝুলান m ভরবিশিষ্ট একটি ক্ষুদ্র গোলকের তৈয়ারী একটি দোলককে উল্লম্ব তলে দোলান হইল। যখন গোলকটি উহার

সাম্যাবস্থানের মধ্য দিয়া যায় তখন সূতার উপর ক্রিয়াশীল টান গোলকের ওজনের দ্বিগুণ। উল্লম্ব তল হইতে কৌণিক বিচ্যুতি ∡-এর সর্বোচ্চ মান কত? সূতার ওজন এবং বায়ুজনিত বাধা উপেক্ষা কর।

[A pendulum consisting of a small sphere of mass m suspended from a thread of length l is made to swing in a vertical plane. When the sphere passes through the position of equilibrium the thread experiences a tension equal to double the weight of the sphere. What is the maximum angular displacement ∡ from the vertical? Neglect the weight of the thread and the air resistance?]

188. সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার θ হইলে দেখাও যে, সর্বনিম্ন অবস্থানে পিণ্ডের গতিবেগ, $v=2\sqrt{gl}\ \sin\theta/2$, এখানে l=দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য এবং g=অভিকর্ষজ ত্বরণ।

[If the angular amplitude of a simple pendulum is θ, show that the velocity of the bob at its lowest position is $v=2\sqrt{gl}\ \sin\theta/2$, where l=effective length of the pendulum and g=acceleration due to gravity.]

189. দেখাও যে, ভূ-পৃষ্ঠের তলায় h গভীরতায় একটি সরল দোলকের দোলনকাল $\sqrt{R-h}$-এর ব্যস্তানুপাতিক। এখানে R হইল পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

[Show that the time-period of a simple pendulum at a depth h below the earths' surface is proportional to $\sqrt{R-h}$, where R is the radius of the earth.]

190. একটি ছিদ্রযুক্ত ফাঁপা গোলককে জল দ্বারা পূর্ণ করিয়া উহাকে একটি লম্বা সূতার সাহায্যে ঝুলাইয়া দিয়া একটি সরল দোলক নির্মাণ করা হইল। গোলকের নিচে ছিদ্র দিয়া ধীরে ধীরে জল বাহির হইয়া আসিতে থাকিলে দেখা হইবে যে, প্রথমে দোলকটির দোলনকাল বাড়িতেছে এবং ইহার পর পুনরায় কমিয়া যাইতেছে। ব্যাখ্যা কর।

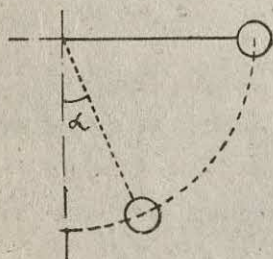
[A hollow sphere is filled with water through a small hole in it. It is hung by a long thread and as the water flows slowly out of the hole at the bottom, one finds that the period of oscillation first increases and then decreases. Explain.]

(সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1978)

191. l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি দোলকের সূতাকে উল্লম্ব অবস্থান হইতে 90° বিচ্যুত করিয়া ছাড়িয়া দেওয়া হইল। দোলকটি যখন উহার সাম্যাবস্থানে আসে তখন সূতায় যে-টান পড়ে উহা সহ্য করিতে হইলে সূতার সহনশীলতার সর্বনিম্ন মান কত হইবে? সূতার ভর এবং বায়ুজনিত বাধা উপেক্ষা কর।

[The thread of a pendulum of length l is displaced 90° from the

vertical and released. What should be the minimum strength of the thread in order to withstand the tension as the pendulum passes through the position of equilibrium ? The mass of the bob is m. Neglect the mass of the thread and air resistance.]

192. m ভরবিশিষ্ট একটি গোলক l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি সূতা হইতে ঝুলান রহিয়াছে। ইহাকে 90° বিচ্যুত করিয়া ছাড়িয়া দেওয়া হইল। যদি সূতাটির সহনসীমা গোলকের ওজনের দ্বিগুণ হয় তাহা হইলে সূতা এবং উল্লম্ব রেখার মধ্যবর্তী কোণ α-এর মান কত হইলে (চিত্র 114) উহা ছিঁড়িয়া যাইবে ? সূতা ছিঁড়িবার পর গোলকের সঞ্চারপথ কীরূপ হইবে ?

চিত্র 114

[A sphere of mass m hangs from a thread of length l. It is displaced through 90° from vertical and then released. What is the angle α between the thread and the vertical (Fig. 114) at which the thread will break, if the thread can support double the weight of the sphere ? What is the trajectory of the sphere after the rupture of the thread ?]

193. একটি গাড়ির সিলিং হইতে সূতার সাহায্যে একটি ক্ষুদ্র গোলক ঝুলান আছে। যদি গাড়িটি অনুভূমিক অভিমুখে f স্থির ত্বরণ লইয়া চলিতে থাকে তাহা হইলে সাম্যাবস্থায় উল্লম্ব রেখার সহিত সূতাটির আনতি কত হইবে ?

[A small sphere is suspended by a string from the ceiling of a car. If the car begins to move with a constant acceleration of f, what will be the inclination of the string to the vertical ?]

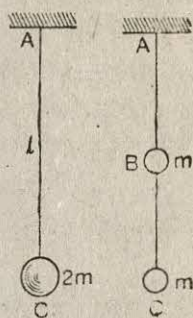
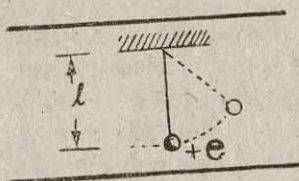
194. একটি স্ট্যাণ্ড হইতে ঝুলান একটি সরল দোলক সমবেগে নিম্নগামী একটি লিফ্‌ট-এর মধ্যে দুলিতেছে। লিফটটি যে-তার কর্তৃক বিধৃত ছিল দোলক-পিণ্ডটি যে-মুহূর্তে উহার সাম্যাবস্থানে আসিল সেই মুহূর্তে সেই তারটি ছিঁড়িয়া গেল। অভিকর্ষের টানে মুক্তভাবে পতনশীল অবস্থায় দোলক-পিণ্ডের গতির বর্ণনা কর।

[A simple pendulum suspended from a stand is oscillating inside a lift descending with uniform speed. The cable supporting the lift breaks at an instant when the bob of the pendulum is in equilibrium position. Describe the motion of the bob during the free fall under gravity.]

195. l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি ওজনহীন দণ্ডের এক প্রান্তে $2m$ ভরবিশিষ্ট একটি বস্তু যুক্ত করা হইল। অপর একটি ক্ষেত্রে দণ্ডটিতে m ভরবিশিষ্ট দুইটি সমান বস্তু যুক্ত করা হইল—একটিকে দণ্ডটির প্রান্তে এবং অপরটিকে উহার মধ্যস্থলে

(চিত্র 115)। দণ্ডটি স্থির বিন্দু A-এর সাপেক্ষে ঘুরিতে পারে। আলোচ্য দুই ক্ষেত্রে দণ্ডটির C প্রান্তে কী অনুভূমিক গতিবেগ সঞ্চারিত করিলে দণ্ডটি দোল খাইয়া অনুভূমিক অবস্থান পর্যন্ত উঠিবে ?

চিত্র 115

[A body of mass $2m$ is attached to one end of a weightless rod of length l. In another case, two bodies, each of mass m, are attached to the rod, one at the end and the other in the middle (Fig. 115). The rod can rotate in the vertical plane about the fixed point A. What horizontal velocities should be imparted to the end of the rod C in each case for the rod to swing up to the horizontal position ?]

196. m ভরবিশিষ্ট একটি ক্ষুদ্র ধাতব গোলককে l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি সূতার সাহায্যে একটি সমান্তরাল পাত ধারকের দুইটি পাতের মধ্যে বসান হইয়াছে (116 নং চিত্র)। যদি ধাতব গোলকটিকে $+e$ আধানে আহিত করা হয় এবং ধারকের উপরের পাতটিকে (i) ধনাত্মক তড়িতে, (ii) ঋণাত্মক তড়িতে আহিত করা হয় তাহা হইলে দোলকটির দোলনকালের কীরূপ পরিবর্তন হইবে ?

চিত্র 116

[A small metal sphere of mass m is suspended from a string of length h between the plates of a large parallel plate conductor (Fig. 116). How does the period of oscillation of the pendulum change if the sphere is given a charge of $+e$ and the upper plate of the sphere is charged (i) positively, (ii) negatively.]

197. একটি সমান্তরাল-পাত ধারকের পাতদ্বয় উল্লম্ব অবস্থায় রহিয়াছে। l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি দোলককে এই পাতদ্বয়ের মধ্যস্থলে স্থাপন করা হইল। দোলকপিণ্ডটিকে q তড়িদাধানে আহিত করা হইল। ধারকটিকেও এইরূপভাবে আহিত করা হইল যাহাতে উহাদের মধ্যবর্তী অঞ্চলে E তড়িৎক্ষেত্র সৃষ্টি হয়। দোলকপিণ্ডটির ভর m হইলে (i) দোলকটির দোলনকাল এবং (ii) সাম্যাবস্থায় উহা উল্লম্ব রেখার সহিত কত কোণে আনত থাকে তাহা নির্ণয় কর।

[A pendulum of length l is set up between the plates of a parallel plate capacitor whose plates are vertical. A charge q is placed on the bob of the pendulum and the capacitor is also charged so as to produce an electric field E between the plates. The mass of the bob is m. Find (i) the period of vibration of

the pendulum and (ii) the angle α that the string makes with the vertical line in its equilibrium position.]

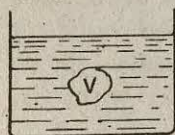
198. দোলকের সাহায্যে কীরূপে একটি পর্বতের উচ্চতা নির্ণয় করিবে ?

[How will you determine the height of a mountain with the help of a pendulum ?]

*   *   *

উদ্‌স্থিতিবিদ্যা

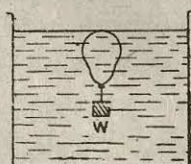
199. একটি তুলাপাত্রে একটি জল-ভরা বীকার রাখা হইলে তুলাযন্ত্রের পাঠ হয় M gm ; m gm ভরবিশিষ্ট এবং v c.c. আয়তনবিশিষ্ট এক টুকরা চিনিকে একটি সূতার সাহায্যে বাঁধিয়া উহাকে বীকারের জলে এমনভাবে পূর্ণ-নিমজ্জিত করা হইল যাহাতে উহা বীকারটিকে স্পর্শ না করে এবং বীকার হইতে জল উপ্‌চাইয়া না পড়ে। চিনির টুকরাটি ডুবাইবার অব্যবহিতকাল পরে তুলাযন্ত্রের পাঠ কত হইবে ? সময়ের সহিত এই পাঠ কীরূপে পরিবর্তিত হইবে ?

[A beaker containing water is placed on the pan of a balance which shows a reading of M gm. A lump of sugar of mass m gm and volume v c.c. is now suspended by thread in such a way that it is completely immersed in water without touching the beaker and without any overflow of water. What will be the reading of the balance just when the lump of sugar is immersed ? How will the reading change as time passes on ? (I. I. T. Adm. Test, 1978)

চিত্র 117

200. মনে করি, কোন তরলের V আয়তন স্থানে (চিত্র 117) ক্রমবর্ধমান ঘনত্ববিশিষ্ট একটি পদার্থ রহিয়াছে। প্রথমে পদার্থটির ঘনত্ব তরলের ঘনত্বের অর্ধেক এবং শেষ পর্যন্ত ইহার ঘনত্ব তরলের ঘনত্বের দ্বিগুণ হয়। ঘনত্বের পরিবর্তনের সহিত উক্ত পদার্থের উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বল কীরূপে পরিবর্তিত হইবে তাহা একটি লেখচিত্রের সাহায্যে দেখাও।

[Suppose the space V in a liquid (Fig. 117) to contain matter of steadily increasing density. At first the density of the matter is one-half that of the liquid, and finally twice as dense. Show, with the help of a graph, how the resultant force acting on the matter varies with the variation of density of the matter.]

চিত্র 118

201. একটি বায়ুপূর্ণ বেলুনের সহিত এমন একটি ওজন বাঁধিয়া দেওয়া হইল যাহাতে উহা ঠিক সম্পূর্ণ নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসে (চিত্র 118)। বেলুনটিকে জলের মধ্যে সামান্য ডুবাইয়া ছাড়িয়া দিলে উহা তলায় ডুবিয়া যায় কেন ব্যাখ্যা কর।

[A balloon filled with air is weighted so that it barely floats in water as shown in Fig. 118. Explain why it sinks to the bottom when it is submerged a short distance in water.]

(I. I. T. Adm. Test, 1973)

202. s (<1) আপেক্ষিক গুরুত্ববিশিষ্ট উপাদানের তৈয়ারী a বাহুবিশিষ্ট একটি নিরেট ঘনককে একটি বৃহৎ পাত্রের জলের উপরিপৃষ্ঠের ঠিক উপরে রাখা হইল যাহাতে উহার নিম্নের অনুভূমিক তলটি জলপৃষ্ঠকে স্পর্শ করিয়া থাকে। দেখাও যে, যখন ঘনকটির x উচ্চতা পর্যন্ত জলে নিমজ্জিত হয় তখন জল ও ঘনকের অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তির বৃদ্ধি $\frac{W}{2as}(x^2-2xas)$, এখানে W হইল ঘনকটির ওজন। ইহাও দেখাও যে, সাম্যাবস্থায় যখন গোলকটি মুক্তভাবে ভাসে তখন এই স্থিতিশক্তির মান সর্বনিম্ন।

[A solid cube of side a, made of material having specific gravity s (<1) is held above the water surface in a large vessel so that the lower face of the cube just touches the water surface. Show that when the cube sinks down so that a height x of the cube is immersed, the gravitational potential energy of the water and the cube increases by $\frac{W}{2as}(x^2-2xas)$, where W is the weight of the cube. Also show that the equilibrium position of the cube when it floats freely corresponds to a minimum value of this potential energy.]

203. কোন্ অবস্থায় জলে ভাসমান কোন জলযান হইতে বোঝা কমাইবার চেয়ে উহাতে বোঝা চাপান অপেক্ষাকৃত বেশি নিরাপদ তাহা আলোচনা কর।

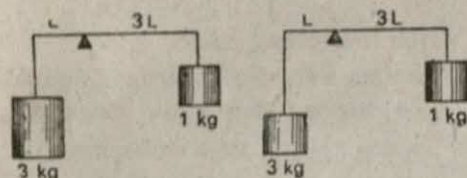
[Discuss the conditions under which it becomes safer for a vessel floating on water to take in more goods and load than to get rid of loads.] (Jt. Entrance, 1974)

204. একটি সুইমিং-পুল-এ একটি পাথর-বোঝাই নৌকা ভাসিতেছে। এই নৌকায় অবস্থিত এক ব্যক্তি পাথরগুলিকে জলে ফেলিয়া দিল। ইহাতে সুইমিং-পুল-এর জলের লেভেল-এর কী হইবে ব্যাখ্যা কর।

[A boat loaded with stones floats in the middle of the swimming pool, and a man in the boat throws the stones over board. What will happen to the water-level of the pool ? Explain why.]

205. একটি নিরেট কাচের চোঙকে একটি পাত্রের তলদেশের সংস্পর্শে রাখিয়া পাত্রটিকে পারদ দ্বারা পূর্ণ করা হইল। কাচের চোঙটি পাত্রের তলদেশেই থাকিয়া গেল। ইহার কারণ কী ?

[A solid glass cylinder is placed in close contact with the bottom of a vessel which is then filled with mercury. The glass cylinder remains at the bottom. Why ?]

206. দুইটি দণ্ড সাম্যে রহিয়াছে (চিত্র 119)। ইহাদের মধ্যে একটিতে একই পদার্থের দুইটি ওজনবিশিষ্ট বস্তু পরস্পর প্রতিমিত অবস্থায় আছে। অপর দণ্ডে দুইটি বিভিন্ন ওজনের কিন্তু একই আয়তনের দুইটি বস্তু প্রতিমিত অবস্থায় আছে। এই দুই সংস্থাকে জলে নিমজ্জিত করিলে ইহাদের সাম্য ব্যাহত হইবে কি ?

চিত্র 119

[Two bars are in equilibrium (Fig. 119). On the first are balanced two different weights made of the same material, on the other two weights of different mass but equal volume. Will their equilibrium be disturbed if the systems be immersed in water ?]

207. সমান ওজন এবং আয়তনবিশিষ্ট দুইটি বেলুনকে সমপরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হইল। ইহাদের একটি পাতলা রবারের তৈয়ারী এবং অপরটি রবারযুক্ত তন্তুর তৈয়ারী। যদি কোন বেলুন হইতে হাইড্রোজেন বাহির হইতে না পারে, তবে কোন্ বেলুনটি বেশি উপরে উঠিবে ?

[Two balloons of same weight and same volume are filled with same quantities of hydrogen gas. One is made of thin rubber and the other of a rubberised fabric. If the hydrogen gas is unable to escape from either of the balloons, which of them will rise higher ?]

208. শূন্য অবস্থায় এবং বায়ুমণ্ডলীয় চাপের বায়ু দ্বারা পূর্ণ অবস্থায় একটি প্লাস্টিক ব্যাগের ওজন সমান হইল। ইহার কারণ কী ?

[A soft plastic bag was found to have the same weight when empty as when filled with air at atmospheric pressure. Why ?]

209. ρ ঘনত্বের একটি বস্তুকে d ঘনত্বের একটি তরলের মধ্য দিয়া অবাধে পড়িতে দেওয়া হইল ($\rho > d$)। দেখাও যে, বস্তুটি যখন তরলের মধ্য দিয়া ডুবিয়া যাইতে থাকে তখন ইহার নিম্নমুখী ত্বরণ

$$f = \left(1 - \frac{d}{\rho}\right) g$$

এখানে g হইল অভিকর্ষজ ত্বরণ।

[A body of density ρ is allowed to fall freely in a liquid of density d ($\rho > d$). Show that the downward acceleration of the body while sinking in the liquid is given by

$f = \left(1 - \frac{d}{\rho}\right) g$, where g is the acceleration due to gravity.]

210. যদি d ঘনত্ববিশিষ্ট বায়ুতে কোন বস্তুর ওজন m_1 gm-wt এবং D ঘনত্ববিশিষ্ট তরলে ঐ বস্তুর ওজন m_2 gm-wt হয় তবে বস্তুটির উপাদানের ঘনত্ব

$$=\left(\frac{m_1 D}{m_1-m_2}-\frac{m_2 d}{m_1-m_2}\right) \text{gm/cm}^3$$

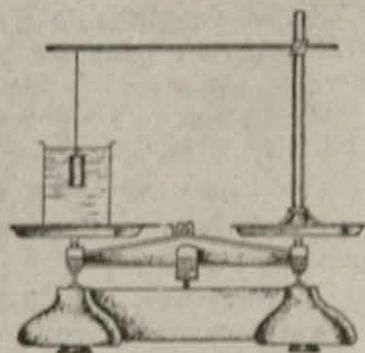
[If a body weighs m_1 gm-wt in air of density d and m_2 gm-wt in a liquid of density D show that the density of the material of the body $=\left(\frac{m_1 D}{m_1-m_2}-\frac{m_2 d}{m_1-m_2}\right)$ gm/cm^3.]

211. তুলাযন্ত্রে একটি বস্তু m ভরের পিতলের বাটখারা দ্বারা প্রতিমিত হইল। বস্তুটির উপাদানের, পিতলের এবং বায়ুর ঘনত্ব যথাক্রমে σ, d এবং ρ হইলে প্রমাণ কর যে, বস্তুটির প্রকৃত ভর, $M=m\left(1-\frac{\rho}{d}\right)\left(1+\frac{\rho}{\sigma}\right)$

[A body is counterpoised in a balance by brass weights of mass m. If the densities of the material of the body, brass and air be σ, d and ρ respectively, prove that the true mass of the body is given by $M=m\left(1-\frac{\rho}{d}\right)\left(1+\frac{\rho}{\sigma}\right)$]

212. একটি তুলাযন্ত্রের একটি পাল্লায় একটি জলপূর্ণ পাত্র রাখা হইল এবং অপর পার্শ্বে একটি স্ট্যাণ্ড স্থাপন করা হইল। এই স্ট্যাণ্ডের সহিত যুক্ত বাহু হইতে ওজনহীন সুতার সাহায্যে একটি বস্তুকে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল (চিত্র 120)। বস্তুটি জলের মধ্যে নিমজ্জিত না করিলে তুলাযন্ত্রে সাম্য প্রতিষ্ঠিত হয়। ইহার পর সুতার দৈর্ঘ্য বাড়ান হইল যাহাতে বস্তুটি সম্পূর্ণভাবে জলে ডুবিয়া যায়। ইহাতে সাম্য ব্যাহত হইল। তুলাযন্ত্রের সাম্য ফিরাইয়া আনিবার জন্য কী করিতে হইবে ?

চিত্র 120

[On one scale-pan of a pair of scales is a vessel containing water, and on the other is a stand, from the arm of which a body is suspended by a weightless thread (Fig. 120). While the body is not immersed in water, the scales are in equilibrium. The thread is then lengthened so that the body is completely immersed in water. As a result, the equilibrium is destroyed. What should be done to restore the equilibrium ?]

213. একটি তুলাযন্ত্রের বামপার্শ্বের তুলাপাত্রে একটি জল-পাত্র রাখা হইল এবং

হাতে-ধরা একটি ছড়ি উহাতে নিমজ্জিত করা হইল। ছড়িটি 50 cm^3 জল অপসারিত করে। উপযুক্ত বাটখারার সাহায্যে তুলাযন্ত্রটিকে সাম্যে আনা হইল। ছড়িটিকে ধীরে ধীরে জল হইতে বাহির করিয়া লইলে তুলাদণ্ডের সাম্য ফিরাইয়া আনিতে ডানপার্শ্বে তুলাপাত্রের বাটখারার কী পরিবর্তন করিতে হইবে ?

[A bucket of water rests on the left hand pan of a balance and a stick held at one end by hand is immersed in water. The stick displaces 50 cm^3 of water. The balance is brought to equilibrium with suitable weights on the right hand pan. Supposing the stick is slowly withdrawn from water, what change in weight is needed in the right hand pan to regain equilibrium ?]

(I. I. T. Adm. Test, 1964)

214. σ ঘনত্ববিশিষ্ট রবারের তৈয়ারী একটি বলকে ρ ঘনত্ববিশিষ্ট ($\rho > \sigma$) একটি তরলের h গভীরতায় ডুবাইয়া ছাড়িয়া দেওয়া হইল। বলটি তরলের উপরিতল হইতে কতটা উচ্চতা পর্যন্ত উঠিবে ? ঘর্ষণের প্রভাব উপেক্ষা কর।

[A ball made of rubber of density σ is immersed at a depth h inside a liquid of density ρ ($\rho < \sigma$) and is then released. Up to what height above the surface of the liquid will the ball rise ? Neglect the effect of friction.]

215. একটি সুবেদী তুলাযন্ত্রের বামপার্শ্বের পাল্লায় একটি কাঠের ব্লক রাখা হইল। ডান পার্শ্বের পাল্লায় প্রয়োজনমত সীসার বাটখারা রাখিয়া তুলাদণ্ডকে অনুভূমিক করা হইল। এইবার তুলাযন্ত্রটিকে একটি বেলজারের মধ্যে রাখিয়া একটি বায়ুনিষ্কাশন পাম্পের সাহায্যে বেলজার হইতে বায়ু বাহির করিয়া লইলে কী হইবে ?

[A wooden block is put on the left pan of a sensitive balance. The balance is counterpoised by putting necessary lead weights on the right pan. The balance is then placed inside the bell-jar. What will happen, if the air is sucked out of the bell-jar with the help of an exhaust pump ?]

216. জলের উপর ভাসমান একটি বরফের ব্লকের মধ্যে একটি কর্কের টুকরা প্রবিষ্ট অবস্থায় আছে। সমস্ত বরফ গলিয়া গেলে জলের লেভেলের কীরূপ পরিবর্তন হইবে ?

[A piece of cork is embedded inside an ice block which floats in water. What will happen to the level of water when all the ice melts ?]

(I. I. T. Adm. Test, 1976)

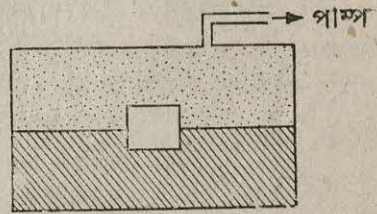
217. একটি উল্টান পরখ-নলকে একটি জলপূর্ণ পাত্রের মধ্যে দৃঢ়ভাবে আটকান হইল। উক্ত সংস্থাটি (পরখ-নলসহ জলপূর্ণ পাত্রটি) অভিকর্ষের টানে অবাধে নিচে পড়িতে থাকিলে পরখ-নলের মধ্যবর্তী জলের লেভেলের কী পরিবর্তন হইবে ?

[An upturned test-tube is fixed rigidly over a vessel filled with

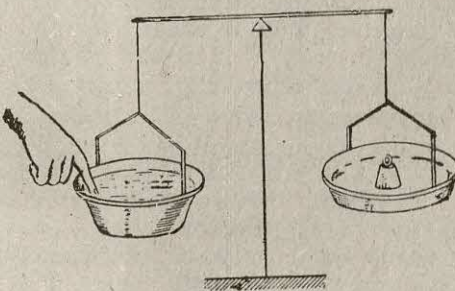
water. How will the level of water in the test-tube be altered if he whole system begins to fall freely under gravity ?]

218. একটি চোঙাকৃতি পাত্রের দুই বিপরীত পার্শ্বে প্রতিসম-ভাবে দুইটি ছিদ্র করা হইল। ছিদ্রগুলিকে কর্কের সাহায্যে বন্ধ করিয়া পাত্রটিকে জলপূর্ণ করা হইল। কর্কগুলিকে খুলিয়া লইলে ছিদ্র দুইটির মধ্য দিয়া জল বাহির হইতে থাকিবে। যদি পাত্রটি অভিকর্ষের প্রভাবে অবাধে পড়িতে থাকে তাহা হইলে কী হইবে ?

[Two holes are made in the side of a cylindrical vessel, symmetrically placed on two opposite sides. The holes are closed with two corks and the vessel is filled with water. If the corks are taken out the water will stream out of the holes. What will happen if the vessel falls freely ?]

219. একটি আবদ্ধ জলের পাত্রে একটি ব্লক ভাসিতেছে (চিত্র 121)। যদি জলে উপরের বায়ু সংনমিত করা হয় তাহা হইলে ব্লকটি উঠিবে, নাকি ডুবিবে ?

[A block floats in a closed vessel of water (Fig. 121). If the air above the water is compressed, will the block rise or sink ? Explain.]

চিত্র 121

220. 'এক পাউণ্ড তুলা অপেক্ষা এক পাউণ্ড লোহা বেশি ভারী।' উক্তিটি আলোচনা কর।

[Criticise the statement : "A pound of iron is heavier than a pound of cotton."]

221. একটি জলপূর্ণ পাত্র একটি তুলাযন্ত্রে সাম্যাবস্থায় আছে। যদি তুমি পাত্রটিকে স্পর্শ না করিয়া ঐ পাত্রের জলে আঙুল ডুবাও (চিত্র 122), তাহা হইলে তুলাযন্ত্রের সাম্য ব্যাহত হইবে কি ?

চিত্র 122

[A vessel containing water is in equilibrium on a beam balance. Will equilibrium be affected if you put your finger into the water without touching the vessel (Fig. 122) ?]

222. অনেক সময় কোন ডুবোজাহাজ সমুদ্রের তলদেশে বালি বা কাদার উপর নামিলে আর নিজেকে তুলিতে পারে না। ব্যাখ্যা কর।

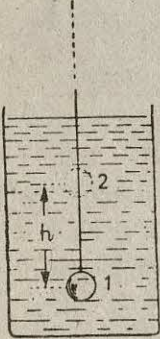
[A submarine which comes to rest on a sea-bed of sand or clay can sometimes not raise itself again. Explain.]

223. ডুবোজাহাজ ইচ্ছামত ডুবিতে পারে, আবার ভাসিয়া উঠিতে পারে। ইহা কীরূপে সম্ভব হয়।

[How does a submarine manage to sink in water or come up at will ?]

224. মহাশূন্যে একটি কর্ককে পারদে ডুবাইয়া ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিয়া উঠিবে কি ? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[Will a cork immersed in mercury and then released float up on mercury in outer space ? Give reasons for your answer.]

225. একটি সরু সুতার সাহায্যে ঝুলান একটি ধাতব বলকে একটি বীকারের তরলে ডুবান হইল (চিত্র 123)। ইহার পর তরলের মধ্যে বলটিকে h উচ্চতায় তোলা হইল। ইহাতে বলটির অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তির যে-বৃদ্ধি হইবে তাহার মান mgh-এর সমান, এখানে m হইল বলটির ভর। আবার, v আয়তনের বলটির সমান আয়তনের তরল অবস্থান-2 হইতে নিচে নামিয়া অবস্থান-1-এ আসিবে। অর্থাৎ, তরলের অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তির হ্রাস হইবে $v\rho hg$-এর সমান, এখানে ρ হইল তরলের ঘনত্ব। সুতরাং, সমগ্র (বল-ও-তরল) সংস্থার স্থিতিশক্তি পরিবর্তিত হইবে। শক্তির দিক্ হইতে বিবেচনা করিয়া ইহা হইতে কীরূপে আর্কিমিডিসের সূত্রে উপনীত হওয়া যায় ?

চিত্র 123

[A metal ball suspended from a thin thread is immersed into a beaker containing a liquid (Fig. 123). The ball is then raised through a height h. Its gravitational potential energy will now increase by mgh, where m is the mass of the ball. On the other hand, a volume of liquid equal to the volume of the ball v, will move downwards from position-2 to position-1, i. e., its potential energy will decrease by $v\rho gh$, where ρ is the density of the liquid. The gravitational potential energy of the whole system (*i. e.* ball-and-liquid) has been altered. How can Archimedes' principle be deduced from these considerations about energy ?]

226. l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট এবং M ভরবিশিষ্ট একটি দণ্ডের এক প্রান্তকে একটি তরলতলের $l/2$ গভীরতায় ঘূর্ণনক্ষম অবস্থায় আটকান হইল। অপর প্রান্তটিতে কী ভার যুক্ত করিলে দণ্ডটির $(5l/6)$ দৈর্ঘ্য তরলে নিমজ্জিত হইবে ? দণ্ডটির যে-প্রান্ত ঘূর্ণনক্ষম অবস্থায় আটকান আছে সেই প্রান্ত দণ্ডের উপর ক্রিয়াশীল বলের মান ও

অভিমুখ নির্ণয় কর। ধরিয়া লও যে, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব দণ্ডের উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্বের দ্বিগুণ।

[A rod of length l having a mass M is hinged at one end at a distance of $l/2$ below a liquid surface. (i) What weight must be attached to the other end of the rod so that a length of $(5l/6)$ of the rod are submerged. Find the magnitude and direction of the force exerted by the hinge on the rod. The specific gravity of the liquid is twice that of the material of the rod.]

227. একটি হাইড্রোজেন গ্যাসপূর্ণ বেলুন যখন উপরে উঠিতে থাকে তখন উহার গতিশক্তি এবং স্থিতিশক্তি উভয়ই বৃদ্ধি পায়। ইহা কি শক্তির সংরক্ষণ সূত্রের বিরোধী? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[A balloon filled with hydrogen gas rises upwards gaining both kinetic energy and potential energy. Does this imply a violation of principle of conservation of energy? Give reasons for your answer.]

228. বায়ুতে কোন ভারী বস্তুকে তোলা অপেক্ষা জলের তলায় উহাকে তোলা সহজতর হয় কেন?

[Why is it easier to lift a heavy body under water than to lift the same in air?]

229. কানায় কানায় জল-দ্বারা পূর্ণ একটি পাত্রকে একটি তুলাপাত্রে স্থাপন করা হইল। অপর একটি অনুরূপ পাত্রকে অন্য তুলাপাত্রটিতে স্থাপন করা হইল। এই পাত্রটিও জল দ্বারা কানায় কানায় পূর্ণ, তবে উহাতে একখণ্ড কাঠ ভাসিতেছে। ইহাদের মধ্যে কোন্ পাত্রটি অপেক্ষাকৃত বেশি ভারী?

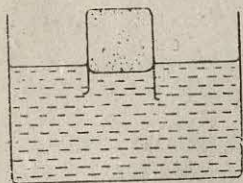
[A pail of water full up to the rim is placed on one of the pan of a balance. Then on the other pan is placed another pail, also full up to the rim, but with a piece of wood floating in it. Which of the two is heavier?]

230. একটি বরফের ব্লক 1·2 আপেক্ষিক গুরুত্ববিশিষ্ট তরলপূর্ণ বীকারে ভাসিতেছে। বরফ সম্পূর্ণভাবে গলিয়া গেলে বীকারের তরলের লেভেল-এর কোনরূপ পরিবর্তন হইবে কি?

[A block of ice is floating in a liquid of specific gravity 1·2 contained in a beaker. When the ice melts completely, will the liquid level in the beaker change?] (I. I. T. Adm. Test, 1974)

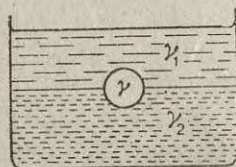
231. একটি পাথরের উপর বরফ জমিয়া আছে। পাথরসহ ঐ বরফখণ্ডটি একটি বীকারের জলে ভাসিতেছে। বরফ সম্পূর্ণ গলিয়া গেলে বীকারের জলের লেভেল উঠিবে, নামিবে, নাকি একই থাকিবে?

[A piece of ice with a stone frozen in it floats on water kept in a beaker. Will the level of water increase, decrease or remain the same when the ice completely melts?] (I. I. T. Adm. Test, 1973)

232. একটি খালি বীকার উহার তলদেশ উপরের দিকে রাখিয়া জলে

ভাসিতেছে (চিত্র 124)। বীকারটিকে ধীরে ধীরে ঠেলিয়া জলের নিচে লইয়া যাইতে লাগিল। দেখাও যে, কিছুটা গভীরতায় গিয়া বিকারটি উহার সমস্ত প্লবতা হারায় এবং ডুবিয়া যায়।

চিত্র 124

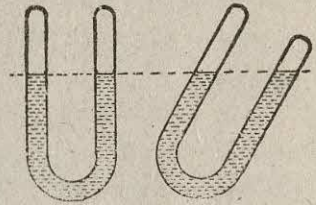
[An empty beaker floats in water with its bottom upwards (Fig.124) and is gradually pushed down in that position. Show that after reaching certain depth the beaker losses all buoyancy and sinks in it.]

233. পরস্পর মিশ্রিত হয় না এইরূপ দুইটি তরলের বিভেদতলে V আয়তনের একটি সুষম গোলক ভাসিয়া আছে (চিত্র 125)। উপরের তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব γ_1, নিচের তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব γ_2। গোলকের উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব γ $(\gamma_1<\gamma<\gamma_2)$ হইলে গোলকটির কত অংশ বিভেদতলের উপরে এবং নিচে থাকিবে ?

চিত্র 125

[A solid uniform sphere of volume V floats on the boundary between two non-miscible liquid (Fig. 125). The specific gravity of the upper liquid is γ_1, that of the lower is γ_2. The specific gravity of the material of the sphere is γ $(\gamma_1<\gamma<\gamma_2)$. What portions of the sphere will be above and below the boundary of the liquid ?]

234. একটি মিটার-দণ্ডকে উহার মধ্যস্থলে বাঁধিয়া ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। উহার এক পার্শ্বে একটি পরীক্ষাধীন বস্তু এবং অপর পার্শ্বে উহার মধ্যস্থল হইতে d_1 দূরত্বে একটি অজানা ভার W ঝুলাইয়া দিলে দণ্ডটি অনুভূমিক অবস্থায় সাম্যে আসে। পরীক্ষাধীন বস্তুটিকে একটি পাত্রের জলে নিমজ্জিত করিলে দণ্ডটির সাম্য ব্যাহত হয় কেন ? ভারটিকে দণ্ডের মধ্যবিন্দুর দিকে কিছুটা আগাইয়া দেওয়ায় দণ্ডটি পুনরায় সাম্যে আসিল। এই অবস্থায় দণ্ডের মধ্যবিন্দু হইতে অজানা ভারের দূরত্ব d_2 হইলে পরীক্ষাধীন বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব কত ?

[A metre scale is supported from its mid-point. If on one side hangs the body under test and on the other side hangs another body of unknown weight W at a distance d_1 from its mid-point, the scale comes to an equilibrium at the horizontal position. If the body under test is immersed in a vessel of water ; why is the balance of the scale disturbed ? The balance is restored when the weight is brought closer to the mid-point of the scale. What is the density of the material of the body under test if in this case the distance of the unknown weight is d_2 from the mid-point of the scale ?]

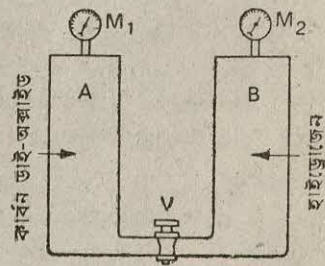
235. দেখা গেল যে, দুই প্রান্ত আবদ্ধ একটি U-নলকে উল্লম্ব অবস্থায় রাখিলে উহার বাহুদ্বয়ের জল একই লেভেলে থাকে। নলটিকে উল্লম্ব তলে কাত করিয়া ধরিলেও দুই বাহুর জল একই লেভেলে থাকে (চিত্র 126)। কীরূপ অবস্থায় ইহা হইতে পারে ?

চিত্র 126

[It is seen that the level of water in both limbs of a U-tube with both ends sealed is the same both when the tube is vertical and also when it is tilted in a vertical plane (Fig. 126). In what conditions can this occur ?]

236. অনেক পাতন যন্ত্রে যে-নলে বাষ্প ঘনীভূত হয় ইহাকে অপর একটি নল ('জ্যাকেট') দ্বারা ঘিরিয়া রাখা হয়। এই নলের মধ্য দিয়া শীতল জল প্রবাহিত হয়। জ্যাকেটের মধ্যে জলকে নিচ হইতে উপরে পাঠান হয় (চিত্র 127)। ইহার বিপরীত পদ্ধতি অনুসৃত হয় না কেন ?

চিত্র 127

[In many distilling apparatus the tube in which the steam gets condensed is surrounded by another tube ('Jacket') through which cold water circulates. The water is passed through the jacket from bottom to top (Fig. 127). Why not the other way about ?]

237. A এবং B পাত্র দুইটিতে যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং অক্সিজেন গ্যাস রহিয়াছে। M_1 এবং M_2 চাপ-মাপক যন্ত্রদ্বয় একই পাঠ নির্দেশ করিতেছে (চিত্র 128)। ভাল্‌ভ V খুলিয়া দিলে গ্যাস কোন্ দিকে প্রবাহিত হইবে ? পাত্রদ্বয় উল্টাইয়া চাপ-মাপক যন্ত্রদ্বয়কে পাত্রদ্বয়ের নিচে রাখিয়া অনুরূপ পরীক্ষা করিলেই বা কী হইবে ?

চিত্র 128

[Vessels A and B contain carbon dioxide and hydrogen respectively. Pressure-gauges M_1 and M_2 register equal pressures. In which direction will the gas flow if the valve V is opened (Fig. 128)? What will happen if the same experiment is carried out with the vessels turned so that the pressure-gauges are underneath ?]

238. যখন মহাকাশযান ভারশূন্য অবস্থায় থাকে তখন উহাতে আর্কিমিডিসের সূত্রটি প্রযোজ্য হয় কি ?

[Is Archimedes' principle valid in a spaceship when it is in a state of weightlessness ?]

239. অভিকর্ষের প্রভাবে অবাধ পতনের সময় আর্কিমিডিসের সূত্রটি প্রযোজ্য হইবে কি ?

[Does Archimedes' principle hold in the case of free fall ?]

(সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1978)

240. একটি জলপূর্ণ পাত্রকে একটি স্প্রিং-তুলা হইতে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। একটি লৌহখণ্ডকে সূতায় বাঁধিয়া উহাকে ঐ পাত্রের জলে নিমজ্জিত করিয়া সূতার সাহায্যে ধরিয়া রাখা হইল। ইহাতে স্প্রিংতুলার পাঠের কোন পরিবর্তন হইবে কি ? ব্যাখ্যা কর।

[A bucket of water is suspended from a spring balance. Does the balance reading change when a piece of iron held by a string is immersed in water ? Explain.] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1978)

241. একটি বালক এক হাতে একটি জলের বাল্তি এবং অন্য হাতে একটি মাছ বহন করিতেছে। বালকটি যদি মাছটিকে বাল্তির জলের মধ্যে রাখে এবং ইহাতে যদি বাল্তি হইতে কোন জল ছিট্‌কাইয়া না পড়ে তাহা হইলে বালক-কর্তৃক বাহিত মোট ওজন পূর্বাপেক্ষা কম হইবে কি ?

[A boy is carrying a bucket of water in one hand and a fish in the other. Is the weight carried by him less when he transfers the fish to the bucket without spilting any water during the transfer ?]

* * *

বায়ুমণ্ডলের চাপ ও ব্যারোমিটার

242. কোন ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উপরের আবদ্ধ স্থানে বায়ু আছে কিনা তাহা কীরূপে নির্ধারণ করা যাইবে ?

[How would you test whether the space above mercury column in a barometer tube contains air or not ?]

243. ব্যারোমিটার নল হিসাবে যে-কোন ব্যাসবিশিষ্ট নলই ব্যবহার করা যায় কি ?

[Can a tube of any diameter be used as a barometer tube ?]

244. ব্যারোমিটার নলের সহিত সর্বদা একটি থার্মোমিটার লাগান থাকে কেন ?

[Why is a thermometer always attached to a barometer ?]

245. একটি ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের নলে পারদস্তম্ভের উপরে কিছু পরিমাণ বায়ু আবদ্ধ আছে। ইহার সাহায্যে বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সঠিক মান নির্ধারণ করা যায় কি ?

[Some air is enclosed in a faulty barometer above the mercury column. How can the correct barometric pressure be determined by it ?]

246. 25 ইঞ্চি দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি একমুখ বন্ধ নলকে পারদ দ্বারা সম্পূর্ণভাবে পূর্ণ করিয়া উহাকে একটি পারদ পাত্রে উপুড় করিয়া ধরা হইল। ইহাতে কী হইবে ব্যাখ্যা কর।

[Explain what will happen if a glass tube 25 inches long closed at one end is entirely filled with mercury and is then inverted over a mercury trough.]

247. দুই প্রান্ত খোলা একটি সরু নলকে আংশিকভাবে জলে নিমজ্জিত করা হইল। উহার উপরের প্রান্তটি আঙুল দিয়া বন্ধ করিয়া নলটিকে জল হইতে তুলিয়া লওয়া হইলে কী হইবে ?

[A narrow glass tube open at both the ends is partially dipped in water. What will happen if the upper end is closed by the thumb and the tube is taken out of water ?]

248. কোন ব্যারোমিটারের নল যদি উল্লম্ব না হয় তাহা হইলে উহার পাঠের কীরূপ পরিবর্তন হইবে ?

[How will the reading of a barometer be affected if its tube is not in a vertical position ?]

249. যদি একটি ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উপরে কিছুটা জল থাকে তাহা হইলে ব্যারোমিটারের পাঠ কম হইবে, না বেশি হইবে ? উষ্ণতার পরিবর্তন ঘটিলে ব্যারোমিটারের পাঠের কীরূপ পরিবর্তন হইবে ?

[If there is a little water at the top of the mercury column in a barometer tube, will the barometer read too high or too low ? How will the reading be affected by temperature change ?]

250. যদি একটি পারদপূর্ণ ব্যারোমিটার নলকে উহার খোলা মুখ পারদ-পূর্ণ পাত্রে না রাখিয়া জলপূর্ণ পাত্রে রাখা হয় (চিত্র 129) তাহা হইলে টরিসেলীর পরীক্ষা করা সম্ভব হইবে কি ?

[Will Torricelli's experiment work if barometric tube filled with mercury be placed with its open end not in a vessel containing mercury, but in vessel containing water (Fig. 129) ?]

251. বায়ুমণ্ডলীয় চাপ পরিবর্তিত হইলে সাইফনের মধ্য দিয়া তরল-প্রবাহের হারের পরিবর্তন হইবে কি ? ব্যাখ্যা কর।

[If the barometric pressure is increased, would the rate of flow through siphon change ? Explain.]

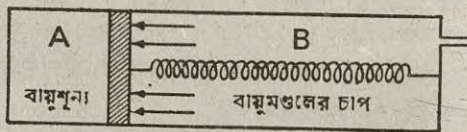
চিত্র 129

252. একটি বাল্‌বের মুখে একটি নল যুক্ত রহিয়াছে। নলটিতে একটি স্টপ্‌-কক্ লাগান আছে। বাল্‌বটিকে বায়ুশূন্য করিয়া স্টপ্‌-কক্

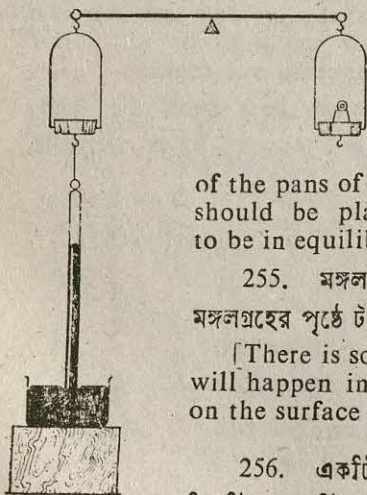
বন্ধ করিয়া দেওয়া হইল। বাল্‌বের নলকে একটি পাত্রের জলের উপরিতলের নিচে ডুবাইয়া রাখিয়া স্টপ্‌-কক্‌টি খুলিয়া দিলে বাল্‌বের মধ্যে জলের ধারা প্রবেশ করিতে থাকিবে। ব্যাখ্যা কর।

[A tube is fitted with the open end of a bulb. A stop-cock is attached to the tube. The bulb is evacuated and the stop-cock is then closed. If the stop-cock is opened, keeping the tube immersed under the surface of water in a vessel, stream of water starts entering into the bulb. Explain.]

253. একটি স্প্রিং-এর সহিত যুক্ত একটি পিস্টন একটি নলের দুই অংশকে পৃথক করিয়া রাখিয়াছে (চিত্র 130)। স্প্রিং-টির স্বাভাবিক দৈর্ঘ্য l এবং ইহার বল ধ্রুবকের মান K। নলের A অংশ বায়ুশূন্য অবস্থায় এবং B অংশ বায়ুমণ্ডলে খোলা অবস্থায় আছে। এই ব্যবস্থার সাহায্যে কীরূপে বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ণয় করিবে ?

[A smooth air-tight piston connected to a spring of force constant K and unstretched length l separates two regions of a tube as shown in Fig. 130. The region A is evacuated and the region B is open to the atmosphere. How will you use this set-up to determine the atmospheric pressure ?] (I. I. T. Adm. Test, '74)

চিত্র 130

254. একটি ব্যারোমিটারের নলকে একটি তুলাপাত্রের হুক হইতে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। অপর তুলাপাত্রে কী পরিমাণ ওজন স্থাপন করিলে তুলাযন্ত্রে সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবে তাহা নির্ণয় কর (চিত্র 131)।

চিত্র 131

[The tube of a mercury barometer is hung from a hook on one of the pans of a pair of scales. Find what weights should be placed on the other pan if the scales are to be in equilibrium (Fig. 131).]

255. মঙ্গলগ্রহে সামান্য পরিমাণ লঘু বাতাস রহিয়াছে। মঙ্গলগ্রহের পৃষ্ঠে টরিসেলীর পরীক্ষা করিলে কী হইবে ?

[There is some rarefied air in the Mars. What will happen in performing Torricelli's experiment on the surface of the Mars ?]

256. একটি ব্যারোমিটার নলের গায়ে একটি ছিদ্র আছে। ছিদ্রটিকে একটি কর্ক দ্বারা আটকান হইল (চিত্র 132)। নলটিকে পারদ দ্বারা পূর্ণ করিয়া উহাকে একটি ব্যারোমিটার রূপে দাঁড় করান হইল। এই সময় ছিপি দ্বারা আবদ্ধ ছিদ্রটি নলের এবং পারদপাত্রের পারদের

মুক্ততলের মাঝামাঝি পড়িল। এই অবস্থায় ছিপিটি খুলিয়া লইলে ছিদ্র দিয়া পারদ বাহির হইয়া আসিবে কি ?

[In a barometer tube there is an opening on the side (Fig. 132). The opening is closed by a cork, and the tube is filled with mercury and set-up as a barometer, the opening being intermediate between the mercury levels in the tube and in the cistern. What will happen if the cork be now taken out ?]

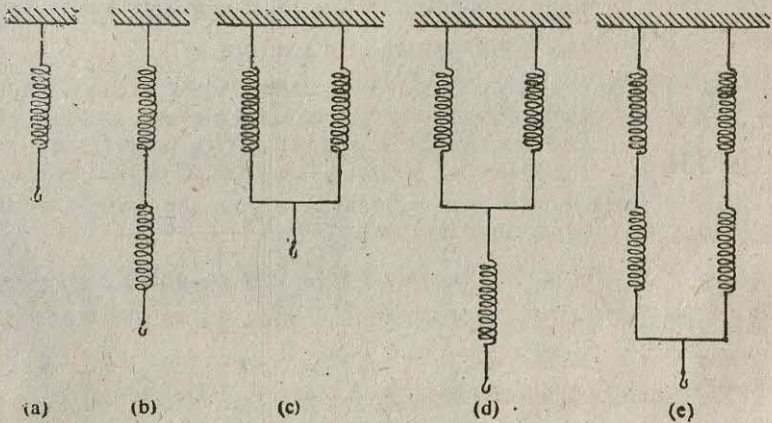
চিত্র 132

257. সর্বত্র সমান প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট একটি সরু নলের এক প্রান্ত বন্ধ এবং অপর প্রান্তে জানা দৈর্ঘ্যের একটি পারদসূত্র রহিয়াছে। এইরূপে নলে কিছুটা বায়ু আবদ্ধ রহিয়াছে। বন্ধ প্রান্ত (i) উপরের দিকে এবং (ii) নিচের দিকে রাখিয়া নলটিকে উল্লম্ব অবস্থায় রাখা হইল। দেখাও যে, উক্ত দুই ক্ষেত্রে পারদসূত্রের অবস্থান জানিয়া বায়ুমণ্ডলের চাপের মান নির্ণয় করা যায়। ধরিয়া লও যে, আবদ্ধ গ্যাস বয়েল-এর সূত্র মানিয়া চলে।

[A narrow tube of uniform cross-section is closed at one end and at the other end is a thread of mercury of known length. The tube is held vertical with its closed end (i) up, (ii) down. Show how the barometric pressure can be determined from the positions of the thread assuming that the enclosed gas obeys Boyle's law.]

* * *

স্থিতিস্থাপকতা, সান্দ্রতা ও পৃষ্ঠটান

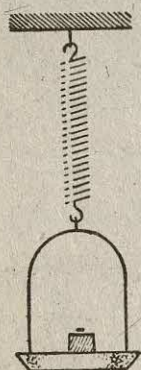
258. নিম্নের চিত্রে (চিত্র 133) কতকগুলি স্প্রিং-এর বিভিন্ন সজ্জা দেখান

চিত্র 133

হইয়াছে। ইহাদের প্রতিটি হইতে 1 kg ভর ঝুলান হইল। উক্ত সজ্জাগুলির প্রতিটি

স্প্রিং অভিন্ন। যদি প্রথম স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি 1 cm হয় তাহা হইলে নিম্নের ক্ষেত্রগুলির প্রতিটিতে মোট প্রসারণ কত হইবে ?

[In the following diagram (Fig. 133) a 1 kg mass is hung on various arrangements of springs. All the springs are identical. If the first spring is stretched 1 cm, state the total extension in each of the following cases.]

259. দুইটি উল্লম্ব তারের সাহায্যে L দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি হাল্কা দণ্ডের দুই প্রান্ত বাঁধিয়া সিলিং হইতে অনুভূমিকভাবে ঝুলাইয়া দেওয়া হইয়াছে। তার দুইটির মধ্যে একটি ইস্পাতের তৈয়ারী, ইহার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল α এবং অপরটি পিতলের তৈয়ারী, ইহার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 2α। দণ্ডটির দৈর্ঘ্য বরাবর কোন্ স্থানে একটি ভার ঝুলাইলে (*i*) উভয় তারের পীড়ন সমান হইবে, (*ii*) উভয় তারের অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতি সমান হইবে ? ধরিয়া লও যে, ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক পিতলের ইয়ং গুণাঙ্কের দ্বিগুণ।

[A light rod of length L is suspended horizontally from the ceiling by means of two vertical wires of equal length tied to its ends. One of the wires is made of steel and is of cross-section α and the other is of brass of cross-section 2α. At what position along the rod must a weight be hung to produce (*i*) equal stresses in both wires, (*ii*) equal strains in both wires ? Assume that Young's modulus of steel is twice that of brass.]

চিত্র 134

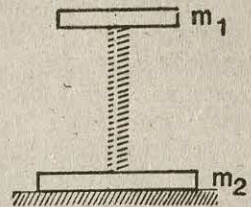
260. একটি স্প্রিং-এর সহিত একটি তুলাপাত্র যুক্ত করা হইল। স্প্রিংটির প্রসারণ হুক-এর সূত্র মানিয়া চলে। তুলাপাত্রটির উপর একটি ভর রহিয়াছে (চিত্র 134)। তুলাপাত্রটিকে কী বলে নিচের দিকে টানিয়া ছাড়িয়া দিলে এমন একটি মুহূর্ত আসিবে যখন ভারটি তুলাপাত্রে কোন চাপ দিবে না ?

[A scale-pan is attached to a spring, whose extension is subjected to Hooke's law. In the scale pan is a weight (Fig. 134). With what force must the scale-pan be pulled downward so that when it is released, there should be a moment at which the weight would cease to exert any pressure on the scale-pan ?]

261. K_1 এবং K_2 বল-ধ্রুবকবিশিষ্ট দুইটি স্প্রিং-এর একটির এক প্রান্তের সহিত অপরটির এক প্রান্ত যুক্ত করা হইল। গঠিত যুগ্ম-স্প্রিংটির কার্যকর বল-ধ্রুবক কত ?

[Two springs of force constants K_1 and K_2 are joined end to end. What is their effective force constant ?]

262. m_1 এবং m_2 ভরবিশিষ্ট দুইটি ফলককে একটি স্প্রিং-এর সাহায্যে যুক্ত করা রহিয়াছে (চিত্র 135)। উপরের ফলকটিকে কী বলে নিচের দিকে চাপিতে

হইবে যাহাতে ঐ বল প্রত্যাহৃত হইলে উপরের ফলকটি পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসে এবং নিচের ফলকটিকে সামান্য উপরেও তোলে ? স্প্রিং ধ্রুবকের মান k। ধরিয়া লও যে, হুক-এর সূত্রটি প্রযোজ্য। স্প্রিং-এর ভর উপেক্ষা কর।

চিত্র 135

[Two laminas of mass m_1 and m_2 are joined by a spring (Fig. 135). With what force should the upper lamina be pushed downwards, so that when the force is removed the upper lamina springs back and raises the lower lamina a little too? The spring constant is k. Assume that Hooke's law is applicable. Neglect the mass of the spring.]

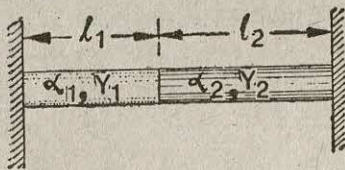
263. L দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি তার হইতে m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তু ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। বস্তুটিকে ন্যূনতম কতটা উচ্চতায় তুলিয়া ছাড়িয়া দিলে তারটি ছিঁড়িয়া যাইবে ? ধরিয়া লও যে, যখন ঐ তার হইতে M ভরবিশিষ্ট কোন বস্তুকে ঝুলাইয়া দেওয়া যায় তখন উহা ছিঁড়িয়া যায় এবং ছিঁড়িবার মুহূর্তে এই ভারের দ্বারা তারটির শতকরা 1 ভাগ দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি ঘটে। ইহাও ধরিয়া লও যে, অসহ-বিন্দু পর্যন্ত হুক-এর সূত্রটি প্রযোজ্য।

[A load of mass m is suspended from a string of length L. Find the least height to which the load must be raised so that it should break the string in falling, assuming that the least load which would break the string when simply suspended from it is M and that this load would stretch the string by 1 per cent of its length at the moment of breaking. Assume that Hooke's law applies to the string up to breaking point.]

264. কোন্‌টি বেশি স্থিতিস্থাপক, রবার না ইস্পাত ?

[Which is more elastic, rubber or steel?]

(সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1978)

265. বিভিন্ন পদার্থের তৈয়ারী দুইটি দণ্ডের উভয়ের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A ; একটি দণ্ডের এক প্রান্তকে অপর দণ্ডের এক প্রান্তের সংস্পর্শে রাখিয়া উহাদিগকে দুইটি দেওয়ালের মধ্যস্থলে রাখা হইল (136 নং চিত্রের অনুরূপ)। প্রথম দণ্ডটির দৈর্ঘ্য l_1, ইহার উপাদানের রৈখিক প্রসারণ গুণাঙ্ক α_1 এবং ইয়ং গুণাঙ্ক Y_1। দ্বিতীয় দণ্ডটির ক্ষেত্রে এই রাশিগুলি যথাক্রমে l_2, α_2 এবং Y_2। এইবার উভয় দণ্ডের উষ্ণতা T° বৃদ্ধি করা হইল। (*i*) (উচ্চতর উষ্ণতায়) দণ্ডদ্বয় পরস্পরের উপর কী পরিমাণ বল প্রয়োগ করে তাহা প্রদত্ত রাশিগুলির সাহায্যে প্রকাশ কর। (*ii*) এই উচ্চতর উষ্ণতায় দণ্ডগুলির দৈর্ঘ্যও নির্ণয় কর। ধরিয়া লও যে, দণ্ডদ্বয়ের প্রস্থচ্ছেদের

চিত্র 136

ক্ষেত্রফল অপরিবর্তিত থাকে এবং দণ্ডদ্বয় বাঁকিয়া যায় না। ইহাও ধরিয়া লও যে, দেওয়ালদ্বয়ের কোনরূপ বিকৃতি ঘটে না।

[Two rods of different metals having the same area of cross-section A, are placed end to end between two massive walls as shown in Fig 136. The first rod has a length l_1, coefficient of linear expansion α_1 and Young's modulus Y_1. The corresponding quantities for second rod are l_2, α_2 and Y_2. The temperature of both the rods is now raised by T degrees. (*i*) Find the force with which the rods act on each other (at the higher temperature) in terms of given quantities. (*ii*) Also find the length of the rods at the higher temperature. Assume that there is no change in the cross-sectional area of the rods and that the rods do not bend. There is no deformation of walls.]

(I. I. T. Adm. Test, 1975)

266. 'অতি উচ্চ স্থান হইতে পতনশীল কোন বস্তু একটি সীমান্ত বেগ লাভ করে।' ব্যাখ্যা কর।

['An object falling from a great height reaches a steady terminal speed.' Explain.]

267. একটি সরু রন্ধ্রের কাচের নলকে খাড়াভাবে একটি বীকারের জলে ডুবাইয়া দিলে নলের মধ্যে জলের তল বীকারের জলের তল অপেক্ষা কিছুটা উপরে উঠিতে দেখা যায়। ব্যাখ্যা কর।

[A glass tube with narrow bore is placed vertically in a beaker of water. The water inside the tube is seen to rise higher than the level of water in the beaker. Explain.]

(Marine Eng. Adm. Test, 1970)

268. একটি নির্দিষ্ট কৈশিক নলে জল h উচ্চতা পর্যন্ত উঠিতে পারে। ঐ নলকে এমনভাবে জলে নিমজ্জিত করা হইল যাহাতে উহার $h/2$ দৈর্ঘ্য মাত্র জলপৃষ্ঠের উপরে থাকে। ইহাতে কি নলের শীর্ষ দিয়া জল ফোয়ারার আকারে বাহির হইতে থাকিবে? ব্যাখ্যা কর।

[Water can rise up to a height h in a certain capillary tube. Suppose that this tube is immersed in water so that only a length $h/2$ is above the surface of water. Will the water flow out of the tube at the top in a fountain? Explain your answer.]

269. জলের বা গলন্ত সীসার ক্ষুদ্র ফোঁটা গোলাকার হয়। ব্যাখ্যা কর।

[Small drops of water or molten lead are spherical in shape. Example]

(সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1978)

সমাধান

146. কোন গ্রহ হইতে একটি বস্তুকণার মুক্তিবেগ ঐ বস্তুকণার ভরের উপর নির্ভরশীল নয়। ইহা সহজেই দেখান যায়। সংজ্ঞানুসারে, যে-ন্যূনতম বেগে কোন বস্তুকে ঊর্ধ্বমুখে উৎক্ষেপ করিলে বস্তুটি অভিকর্ষ-ক্ষেত্রের বাহিরে চলিয়া যাইতে সক্ষম

হয় তাহাকে মুক্তিবেগ বলা হয়। কোন বস্তুকে ঊর্ধ্বে তুলিতে হইলে উহাকে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কার্য করিতে হয়। দেখান যায় যে, পৃথিবী-পৃষ্ঠ হইতে যাত্রা শুরু করিয়া অসীম দূরত্ব পর্যন্ত যাইতে বস্তুটির মোট যে কার্য করিতে হয় তাহার পরিমাণ—

$$W = G\frac{Mm}{R} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এখানে G=মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, M=পৃথিবীর ভর, m=বস্তুর ভর, এবং R=পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

সুতরাং, অভিকর্ষ ক্ষেত্র হইতে মুক্তি পাইতে হইলে ঊর্ধ্বে উৎক্ষিপ্ত বস্তুর গতিশক্তি এমন হওয়া প্রয়োজন যাহাতে বস্তুটি কমপক্ষে (i) নং সমীকরণ দ্বারা প্রকাশিত কার্য করিতে পারে। ধরি, বস্তুটির বেগ v_e হইলে উহা ঠিক এই পরিমাণ কার্য করিতে সক্ষম হয়। তাহা হইলে লেখা যায়,

$$\tfrac{1}{2}\, mv_e^2 = G\frac{Mm}{R}$$

$$\text{বা,}\quad v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

স্পষ্টতই, মুক্তিবেগ v_e বস্তুর ভরের উপর নির্ভর করে না। ইহা কেবলমাত্র গ্রহটির ভর এবং ব্যাসার্ধের উপর নির্ভর করে।

147. একই উচ্চতায় থাকিয়া পৃথিবীকে প্রদক্ষিণরত দুইটি কৃত্রিম উপগ্রহের বেগই সমান। কেননা কৃত্রিম উপগ্রহের বেগ উহার ভরের উপর নির্ভরশীল নয়। নিম্নে তাহা দেখান হইল।

মনে করি, একটি উপগ্রহের ভর=m এবং পৃথিবীপৃষ্ঠ হইতে ইহার কক্ষপথের উচ্চতা=h

উপগ্রহটির উপর ক্রিয়াশীল অভিকেন্দ্র বল পৃথিবী-কর্তৃক প্রযুক্ত অভিকর্ষ বলের সমান বলিয়া লেখা যায়,

$$\frac{mv^2}{R+h} = G\cdot\frac{mM}{(R+h)^2} \quad [M=\text{পৃথিবীর ভর এবং } R=\text{পৃথিবীর ব্যাসার্ধ}]$$

$$\text{বা,}\quad v^2 = \frac{GM}{R+h}$$

$$\text{বা,}\quad v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

স্পষ্টতই, কৃত্রিম উপগ্রহটির বেগ উহার ভর m-এর উপর নির্ভর করে না।

148. চন্দ্রপৃষ্ঠে মুক্তিবেগের মান অপেক্ষাকৃত কম হয়। আমরা জানি যে, ভূপৃষ্ঠে কোন বস্তুর মুক্তিবেগ v_e নিম্নের সমীকরণ হইতে পাওয়া যায়ঃ

$$v_e = \sqrt{2gR} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এখানে g হইল ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ এবং R হইল পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

অনুরূপভাবে, চন্দ্রপৃষ্ঠে মুক্তিবেগ v_e'-এর মান হইবে

$$v_e' = \sqrt{2g'R'} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

এখানে g' হইল চন্দ্রপৃষ্ঠে চন্দ্রের মহাকর্ষজনিত ত্বরণ এবং R' হইল চন্দ্রের ব্যাসার্ধ।

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$\frac{v_e'}{v_e} = \sqrt{\frac{g'}{g} \cdot \frac{R'}{R}} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

এখন, $g' < g$ এবং $R' < R$ বলিয়া লেখা যায়,

$$v_e' < v_e$$

অর্থাৎ, চন্দ্রপৃষ্ঠে মুক্তিবেগ $<$ পৃথিবীপৃষ্ঠে মুক্তিবেগ

149. তাপীয় উত্তেজনার (thermal agitation) ফলে বায়ুমণ্ডলে বিদ্যমান হালকা গ্যাসীয় উপাদানের অণুগুলি এইরূপ দ্রুতি লাভ করিতে পারে যে উহারা পৃথিবীর আকর্ষণ উপেক্ষা করিয়া মহাশূন্যে বিলীন হইয়া যাইতে পারে। সুদূর অতীতে পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে নিশ্চয়ই হাইড্রোজেন গ্যাস ছিল ; কিন্তু বর্তমানে ইহা অদৃশ্য হইয়া গিয়াছে।

স্বাভাবিক চাপ ও উষ্ণতায় হাইড্রোজেন অণুর বর্গমাধ্য মূল (r. m. s. velocity) বেগ প্রায় 1·84 km/s। অতীতে পৃথিবীর উষ্ণতা যথেষ্ট বেশি ছিল বলিয়া এই সময় হাইড্রোজেনের অণুর বর্গমাধ্য মূল বেগের মানও বেশি ছিল। বর্গমাধ্য মূলের মান মুক্তিবেগ অপেক্ষা কম হইলেও বেশ কিছু সংখ্যক অণুর বেগ মুক্তিবেগ অপেক্ষা বেশি হইতে পারে, ম্যাক্সওয়েলের বেগ-বণ্টন সূত্র (Maxwell's law of distribution of velocity) হইতে আমরা ইহা জানি। কাজেই, অতীতে বায়ুমণ্ডলে বিদ্যমান হাইড্রোজেন অণুগুলির একটি গুরুত্বপূর্ণ ভগ্নাংশের বেগ মুক্তিবেগ অপেক্ষা বেশি ছিল। এইজন্য, হাইড্রোজেন গ্যাসের অণুগুলি ধীরে ধীরে পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল হইতে বাহির হইয়া মহাশূন্যে হারাইয়া গিয়াছে।

হিলিয়াম গ্যাসের ক্ষেত্রেও এ যুক্তি প্রযোজ্য। বর্তমানে হিলিয়াম গ্যাস একটি নির্দিষ্ট হারে বায়ুমণ্ডল হইতে মহাশূন্যে ছুটিয়া গিয়া হারাইয়া যাইতেছে। কিন্তু ভূপৃষ্ঠ হইতে তেজস্ক্রিয় বিঘটনের (radioactive decay) দরুণ হিলিয়াম সৃষ্টি হয় বলিয়া বায়ুমণ্ডলে হিলিয়ামের নির্দিষ্ট অনুপাত বজায় আছে। তবে বায়ুমণ্ডলে হিলিয়ামের পরিমাণ অতি নগণ্য।

150. কেপলার-এর সূত্রানুসারে, কোন গ্রহের আবর্তনকালের বর্গ উহার কক্ষপথের ব্যাসার্ধের ঘনফলের সমানুপাতিক। কোন গ্রহের পর্যায়কাল T এবং উহার কক্ষপথের ব্যাসার্ধ r হইলে লেখা যায়, $T^2 \propto r^3$ বা, $T^2 = K_1 r^3$

এখন, $T = 2\pi/\omega$, $\omega =$ কক্ষপথের গ্রহের কৌণিক বেগ

$$\therefore \quad \left(\frac{2\pi}{\omega}\right)^2 = K_1 r^3 \quad \text{বা,} \quad r^3\omega^2 = \frac{4\pi^2}{K_1}$$

$$বা, \quad r\omega^2=\frac{4\pi^2}{K_1}\cdot\frac{1}{r^2} \quad বা, \quad r\omega^2 \propto \frac{1}{r^2}$$

কাজেই, কক্ষপথে ভ্রাম্যমাণ গ্রহটির অভিকেন্দ্র ত্বরণ $(r\omega^2)$ সূর্য হইতে উহার দূরত্ব r-এর বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। ইহার তাৎপর্য এই যে, সূর্য গ্রহের উপর একটি আকর্ষণ-বল প্রয়োগ করে এবং এই আকর্ষণ-বল গ্রহ ও সূর্যের দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

গ্রহের উপর ক্রিয়াশীল আকর্ষণ-বল,

$$F=m\omega r^2=\frac{4\pi^2 m}{K_1}\cdot\frac{1}{r^2}$$

চিত্র 137

সূর্যের ভর M ধ্রুবক বলিয়া লেখা যায়,

$$F=\frac{4\pi^2}{K_1 M}\cdot\frac{Mm}{r^2}=G\frac{Mm}{r^2}$$

এখানে G একটি ধ্রুবক। ইহাই নিউটনের মহাকর্ষ সূত্রের গাণিতিক রূপ।

151. মনে করি, গ্রহটির ব্যাসার্ধ=R

উপগ্রহটির কক্ষপথ গ্রহের পৃষ্ঠের ঠিক উপর দিয়া গিয়াছে বলিয়া ইহার কক্ষ-পথের ব্যাসার্ধও গ্রহের ব্যাসার্ধ R-এর সমান হইবে। আমরা জানি যে, কোন উপগ্রহ যখন একটি নির্দিষ্ট বৃত্তাকার কক্ষপথে একটি গ্রহকে আবর্তন করিতে থাকে তখন উপগ্রহটির উপর ক্রিয়াশীল অপকেন্দ্র বল এবং মহাকর্ষ বল পরস্পর সমান হয়।

সুতরাং, গ্রহের ভর M এবং কৃত্রিম উপগ্রহটির ভর m হইলে লেখা যায়,

$$\frac{GMm}{R^2}=\frac{mv^2}{R}=m\omega^2R \quad বা, \quad \frac{GM}{R^2}=\omega^2 \quad \cdots \quad (i)$$

এখানে G হইল মহাকর্ষীয় ধ্রুবক এবং ω হইল উপগ্রহটির কৌণিক বেগ। এখন, গ্রহের উপাদানের ঘনত্ব ρ বলিয়া

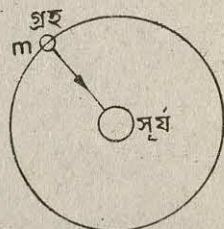
$$M=\tfrac{4}{3}\pi R^3\rho \quad \cdots \quad (ii)$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $G.\frac{4}{3}\pi\rho=\omega^2$ $\quad \cdots \quad$ (iii)

কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল T হইলে (iii) হইতে পাই,

$$G\,.\,\tfrac{4}{3}\pi\rho=\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \quad বা, \quad \rho T^2=\frac{3\pi}{G}$$

দেখা যাইতেছে যে, ρT^2 একটি ধ্রুবক। ইহা কৃত্রিম উপগ্রহটির ভরের উপর নির্ভর-শীল নয়। ইহার তাৎপর্য এই যে, কোন গ্রহের পৃষ্ঠ ঘেঁষিয়া কক্ষপথে আবর্তনশীল কোন উপগ্রহের আবর্তনকাল T ঐ গ্রহের ঘনত্ব ρ-এর বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক হইবে।

152. পৃথিবীর ঘূর্ণনের ফলে নিরক্ষীয় অঞ্চলে অবস্থিত কোন ব্যক্তির উপর ক্রিয়াশীল অপকেন্দ্র বল যখন তাহার উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ-বলের সমান হয় তখন

ঐ ব্যক্তির ভারশূন্যতার অনুভূতি জন্মে। এইরূপ ক্ষেত্রে পৃথিবীর ঘূর্ণনের কৌণিক বেগ ω হইলে লেখা যায়, $m\omega^2 R = mg$ (i)

চিত্র 138

এখানে, m=ব্যক্তির ভর, R=পৃথিবীর ব্যাসার্ধ এবং g=অভিকর্ষজ ত্বরণ

সমীকরণ (i) হইতে পাই,

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R}} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

আপন অক্ষের উপর একবার ঘুরিয়া আসিতে পৃথিবীর যদি T সময় লাগে তাহা হইলে লেখা যায় যে,

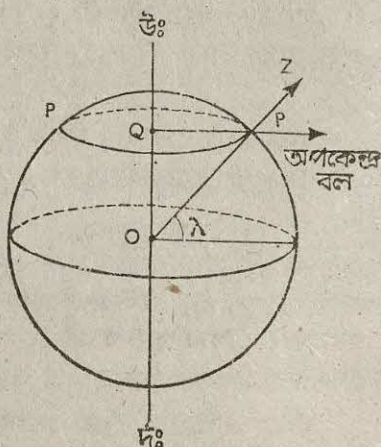
$$\frac{2\pi}{T} = \omega = \sqrt{\frac{g}{R}} \quad \text{বা,} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

R এবং g-এর মান বসাইয়া পাই, T = 1 ঘণ্টা 14 মিনিট (প্রায়)

● **অনুরূপ প্রশ্ন :** দেখাও যে, পৃথিবীকে এপার-ওপার করিয়া একটি সুড়ঙ্গ কাটিয়া উহার মুখে একটি বস্তুকে ছাড়িয়া দিলে বস্তুটি যে-দোলনকাল লইয়া সরল দোল গতি সম্পাদন কবিতে থাকে, পৃথিবী যদি সেই দোলনকাল লইয়া আপন অক্ষের উপর ঘুরিতে থাকে তাহা হইলে নিরক্ষীয় অঞ্চলে অবস্থিত কোন ব্যক্তি নিজেকে ভারশূন্য অনুভব করিবে।

[Show that a man at the equator would feel weightless if the earth rotates about its axis with the time-period equal to that of a body executing simple harmonic motion along a tunnel dug through the earth from one side to the other.]

153. পৃথিবী উত্তর-দক্ষিণ মেরুগামী অক্ষের উপর দিনে একবার আবর্তিত হইতেছে। পৃথিবীর এই আহ্নিক গতির ফলে পার্থিব সকল বস্তুই মেরু-অক্ষে বৃত্তপথে ঘুরিতেছে। পৃথিবী-পৃষ্ঠে P-বিন্দুতে অবস্থিত কোন বস্তু PP-বৃত্ত বরাবর আবর্তিত হইতেছে। ইহার ব্যাসার্ধ, PQ=R$\cos\lambda$ (λ=P বিন্দুর অক্ষাংশ) (চিত্র 139)। স্পষ্ট-তই, নিরক্ষীয় অঞ্চলে অবস্থিত বস্তুর বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ সর্বাপেক্ষা বেশি, দুই মেরুতে এই বৃত্তপথের ব্যাসার্ধ শূন্য। কাজেই নিরক্ষীয় অঞ্চলে অবস্থিত বস্তুর উপর ক্রিয়া-

চিত্র 139

শীল অপকেন্দ্র বলের মান সর্বাপেক্ষা বেশি হইবে। এখন, বৃত্তপথে আবর্তনের ফলে পৃথিবী-পৃষ্ঠের বিভিন্ন বস্তু যে-অপকেন্দ্র বল অনুভব করে উহার উল্লম্ব উপাংশ বস্তুর ওজনের বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে বলিয়া পৃথিবীর আবর্তনের ফলে বস্তুর ওজনের আপাত হ্রাস ঘটে। পৃথিবীর কৌণিক বেগ ω হইলে P বিন্দুতে অবস্থিত বস্তুটির রৈখিক বেগ, $v = \text{PQ} \times \omega = \text{R}\omega \cos\lambda$

সুতরাং, P বিন্দুতে অবস্থিত m ভরবিশিষ্ট কোন বস্তু যে-অপকেন্দ্র বল অনুভব করে তাহার মান $= \dfrac{mv^2}{\text{PQ}} = m\text{R}\omega^2 \cos\lambda$

OPZ অভিমুখে (P বিন্দুর মধ্য দিয়া অঙ্কিত উল্লম্ব রেখা অভিমুখে) এই বলের উপাংশ $= m\text{R}\omega^2 \cos\lambda \times \cos\lambda = m\text{R}\omega^2 \cos^2\lambda$

এই উপাংশ অভিকর্ষ-বল mg-এর বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে বলিয়া P বিন্দুতে m ভরবিশিষ্ট বস্তুর আপাত-ওজন, $\text{W}_\lambda = mg - m\text{R}\omega^2 \cos^2\lambda$

সুতরাং, λ-অক্ষাংশে অবস্থিত বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষজ ত্বরণের আপাত মান,

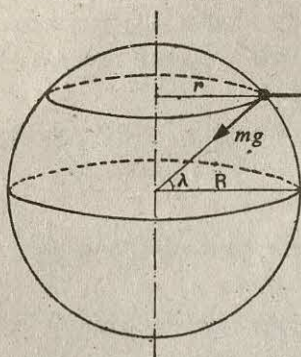
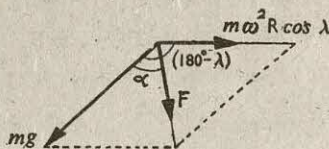
$$g_\lambda = \frac{\text{W}_\lambda}{m} = g - \text{R}\omega^2 \cos^2\lambda$$

দেখা যাইতেছে যে, পৃথিবী-পৃষ্ঠের বিভিন্ন অক্ষাংশে অবস্থিত বস্তুর উপর পৃথিবীর আবর্তনের প্রভাব বিভিন্ন। অর্থাৎ, পৃথিবী যদি নিখুঁত গোলক হইত, তথাপিও মেরু-অঞ্চলে এবং নিরক্ষীয় অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণের কার্যকর মান এক হইত না। ফলে মেরু-অঞ্চলে এবং নিরক্ষীয় অঞ্চলে একটি সরল দোলকের দোলনকালও সমান হইত না।

কোন বস্তুকে একটি নির্দিষ্ট গতিবেগে ঊর্ধ্বাভিমুখে উৎক্ষেপ করিলে বস্তুটি কতটা উচ্চতা পর্যন্ত উঠিবে তাহা ঐ স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণের কার্যকর মানের উপর নির্ভর করিবে। g-এর মান যত কম হইবে তত বেশি উপরে উঠিবে। সুতরাং, পৃথিবী একটি নিখুঁত গোলক হইলেও আবর্তনের ফলে বিভিন্ন স্থানে g-এর কার্যকর মান বিভিন্ন হয় বলিয়া একটি নির্দিষ্ট উচ্চতা পর্যন্ত তুলিতে হইলে পৃথিবীর সকল স্থানে কোন বস্তুকে একই গতিবেগে উৎক্ষেপ করিতে হইবে না। g-এর মান যেখানে কম সেখানে প্রয়োজনীয় উৎক্ষেপণ বেগ কম হইবে। অর্থাৎ, একটি বস্তুকে একটি নির্দিষ্ট উল্লম্ব উচ্চতায় তুলিতে হইলে নিরক্ষীয় অঞ্চলে উহাকে যে-গতিবেগে ঊর্ধ্বে উৎক্ষেপ করিতে হইবে, মেরু-অঞ্চলে তদপেক্ষা বেশি গতিবেগে উৎক্ষেপ করিতে হইবে।

154. λ অক্ষাংশে m ভরবিশিষ্ট কোন বস্তুর উপর দুইটি বল ক্রিয়া করে —(i) বস্তুটির উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বল, mg (g=অভিকর্ষজ ত্বরণ) এবং (ii) পৃথিবীর আবর্তনের ফলে বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল অপকেন্দ্র বল, $m\omega^2 r = m\omega^2\text{R}\cos\lambda$ (চিত্র 140)।

এখানে ω হইল পৃথিবীর আবর্তনের কৌণিক বেগ এবং R হইল পৃথিবীর ব্যাসার্ধ। 140 (a) নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে, উপরি-উক্ত বল দুইটির

মধ্যবর্তী কোণ $(180° - \lambda)$। 140(b) নং চিত্রে জ্যামিতিক অঙ্কনের সাহায্যে এই দুই বলের লব্ধি F-এর অভিমুখ দেখান হইয়াছে। স্পষ্টতই, এই লব্ধি বল (F) mg-এর

চিত্র 140 (a) চিত্র 140 (b)

অভিমুখের সহিত একটি নির্দিষ্ট কোণে আনত রহিয়াছে। সুতরাং, পৃথিবী-পৃষ্ঠের কোন স্থানে একটি ওলন্-দড়ি ঝুলাইয়া দিলে উহা ঠিক উলম্ব রেখার উপর আসিয়া স্থির হয় না, লব্ধি বল F-এর অভিমুখ বরাবর আসিয়া স্থির হয়। এই সময় উলম্ব-রেখার সহিত ওলন-দড়ির আনতি কোণ α-এর মান 140 (b) নং চিত্র হইতে নির্ণয় করা যায়।

আমরা জানি যে, $\tan\alpha = \dfrac{(m\omega^2 R\cos\lambda)\sin(180°-\lambda)}{mg+(m\omega^2 R\cos\lambda)\cos(180°-\lambda)}$

$$= \frac{\omega^2 R\cos\lambda\sin\lambda}{g-\omega^2 R\cos\lambda\sin\alpha} = \frac{\omega^2 R\sin 2\alpha}{2g-\omega^2 R\sin 2\alpha}$$

$2g$-এর তুলনায় $\omega^2 R$-এর মান অনেক কম বলিয়া লিখিতে পারি,

$$\tan\alpha = \frac{\omega^2 R}{2g} \cdot \sin 2\lambda \qquad \cdots \qquad \text{(i)}$$

α-এর মান ক্ষুদ্র বলিয়া লেখা যায়, $\alpha = \tan\alpha = \dfrac{\omega^2 R}{2g}\sin 2\lambda \qquad \cdots \qquad \text{(ii)}$

সমীকরণ (ii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, λ-এর মান 45° হইলে α-এর মান সর্বোচ্চ হইবে। অর্থাৎ, 45° অক্ষাংশে ওলন-দড়ি উল্লম্ব-রেখার সহিত সর্বাপেক্ষা বেশি হেলিয়া থাকিবে। ওলন-দড়ির এই সর্বোচ্চ আনতির মান

$$(\alpha)_{\lambda=45°} = \frac{\omega^2 R}{2g} \qquad \cdots \qquad \text{(iii)}$$

এখানে, $\omega = 2\pi/24\times60\times60$ rad/s, $g = 9{\cdot}81$ ms^{-2}
এবং $R = 6400\times10^3$m

ω, g এবং R-এর উপরি-উক্ত মান বসাইয়া সমীকরণ (iii) হইতে পাই,

$$(\alpha)_{\lambda=45°} = 6' \text{ (প্রায়)}$$

155. যে-স্থানে স্প্রিং-তুলাটি অংশাঙ্কিত হইয়াছে সেই স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ g-এর মান 32·64 ft/sec^2। কাজেই, যখন স্প্রিং-তুলার পাঠ 1 lb-wt তখন স্প্রিংটির উপর ক্রিয়াশীল বলের প্রকৃত মান 32·64 পাউণ্ডাল। কিন্তু প্রশ্নানুসারে, যে-স্থানে বস্তুটির ওজন করা হইল সেই স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান 32 ft/sec^2। এই স্থানে বস্তুটির প্রকৃত ওজন 32·64 পাউণ্ডাল, কেননা অংশাঙ্কন অনুসারে স্কেলের পাঠ 1 lb-wt। স্পষ্টতই, বস্তুটির প্রকৃত ভর=বস্তুটির প্রকৃত ওজন/অভিকর্ষজ ত্বরণ=32·64/32 বা 1·02 পাউণ্ড।

156. কোন বস্তুর ওজন উহার ভর (m) এবং স্থানীয় অভিকর্ষজ ত্বরণ g-এর গুণফলের সমান। অর্থাৎ, বস্তুর ওজন, $W=mg$

বস্তুর ভর উহার নিজস্ব ধর্ম। ইহার মান স্থান-নিরপেক্ষ। কিন্তু g-এর মান নির্দিষ্ট নয়, বিভিন্ন স্থানে ইহার মান বিভিন্ন। কাজেই, বস্তুর ওজনও বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন হয়। মেরু-অঞ্চলে g-এর মান সর্বাপেক্ষা বেশি বলিয়া ঐ স্থানে কোন বস্তুর ওজন সর্বাধিক ; নিরক্ষীয় অঞ্চলে g-এর মান কম বলিয়া ঐ স্থানে বস্তুর ওজনও কম হইবে। পৃথিবী-পৃষ্ঠ হইতে কোন বস্তুকে চন্দ্রপৃষ্ঠে লইয়া গেলে ইহার ওজন এক-ষষ্ঠাংশ হইবে, কেননা, চন্দ্রপৃষ্ঠে মহাকর্ষ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য পৃথিবী-পৃষ্ঠের অভিকর্ষ-ক্ষেত্রের প্রাবল্যের 6 ভাগের 1 ভাগ। অনুরূপ কারণে কোন বস্তুকে পৃথিবী-পৃষ্ঠ হইতে সূর্যপৃষ্ঠে লইয়া গেলে উহার ওজন 27 গুণ হইবে। পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান শূন্য বলিয়া ঐ স্থানে বস্তুর ওজন থাকে না।

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, কোন বস্তুর ওজন উহার অবস্থানের সহিত পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ বলা যায় যে, ভরের ন্যায় ওজন কোন বস্তুর অপরিবর্তনীয় স্বধর্ম নহে।

157. কোন বস্তুকে একটি স্প্রিং-তুলার হুক হইতে ঝুলাইয়া দিলে স্প্রিংটির উপর যে-বল ক্রিয়া করে তাহা বস্তুটির ওজনের সমান। স্প্রিং-তুলার পাঠ বস্তুর ওজনের সমানুপাতিক। স্প্রিং-তুলাকে স্থানান্তরে লইয়া গেলে অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তন অনুসারে স্প্রিং-তুলার পাঠ পরিবর্তিত হয়। সুতরাং, স্প্রিং-তুলার পাঠ হইতে সরাসরি কোন বস্তুর ওজন এবং ওজনের পরিবর্তন মাপা যায়।

সাধারণ তুলাযন্ত্রের সাহায্যে আমরা ভর পরিমাপ করি। ইহার দুই তুলাপাত্রের একটিতে পরীক্ষাধীন বস্তু এবং অপরটিতে প্রয়োজনীয় বাটখারা চাপান হয়। দুই তুলাপাত্রে স্থাপিত ভরের মান সমান হইলে উহাদের উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ-বলের মান সমান হয়। ফলে তুলাদণ্ডের মধ্যবিন্দুর সাপেক্ষে দুই পার্শ্বের অভিকর্ষ-বলের ভ্রামক পরস্পরকে প্রতিমিত (balanced) করে, ফলে তুলাদণ্ডটি অনুভূমিক অবস্থায় সাম্যে আসে। তুলাযন্ত্রকে স্থানান্তরে লইয়া গেলে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান বদলাইলেও তুলাদণ্ডের সাম্য ব্যাহত হয় না। কেননা, অভিকর্ষজ ত্বরণের মান পরিবর্তিত হইলে উভয় পাল্লায় স্থাপিত ভরের উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ-বল একই অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। সুতরাং, সাধারণ তুলাযন্ত্রের সাহায্যে বস্তুর ওজনের পরিবর্তন ধরা পড়ে না। অর্থাৎ, তুলাযন্ত্রের সাহায্যে কেবলমাত্র বস্তুর ভর পরিমাপ করা যায় ; ওজন পরিমাপ করা যায় না।

158. (*i*) পৃথিবীর আবর্তন বন্ধ হইয়া গেলে পৃথিবী-পৃষ্ঠে অবস্থিত বস্তুর উপর এই আবর্তনজনিত অপকেন্দ্র বল ক্রিয়া করিবে না, ফলে বস্তুর ওজন বৃদ্ধি পাইবে। অর্থাৎ, g-এর মান বাড়িবে।

(*ii*) পৃথিবীর আবর্তন বেগ বৃদ্ধি পাইলে বস্তুর ওজনের বিরুদ্ধে ক্রিয়াশীল অপকেন্দ্র বলের মান বৃদ্ধি পাইবে। ফলে বস্তুর ওজন কমিবে। অর্থাৎ, অভিকর্ষজ ত্বরণ g-এর মানও হ্রাস পাইবে।

(*iii*) পৃথিবীর আবর্তন বেগ বর্তমান আবর্তন বেগের 17 গুণ হইলে নিরক্ষীয় অঞ্চলে g-এর মান শূন্য হইবে।

159. কোন গ্রহের কক্ষপথের ব্যাসার্ধ r হইলে এবং ঐ গ্রহের সূর্য-পরিক্রমার পর্যায়কাল T হইলে কেপলারের তৃতীয় সূত্রানুসারে লেখা যায় যে, $T^2 \propto r^3$ ... (i)

কাজেই, r_1 ব্যাসার্ধবিশিষ্ট কক্ষপথে অবস্থিত গ্রহের পর্যায়কাল T_1 এবং r_2 ব্যাসার্ধবিশিষ্ট কক্ষপথে অবস্থিত গ্রহের পর্যায়কাল T_2 হইলে পাই,

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2=\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3$$

এখন, $r_2=\frac{1}{2}\, r_1$ হইলে $\frac{r_1}{r_2}=2$

$$\therefore \quad \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2=2^3=8 \text{ বা, } \frac{T_1}{T_2}=\sqrt{8}=2\sqrt{2}$$

এখন, T_1 = পৃথিবীর বর্তমান পর্যায়কাল = 1 বৎসর।

∴ কক্ষপথের ব্যাসার্ধ অর্ধেক হইবার ফলে পৃথিবীর পর্যায়কাল হইবে,

$$T_2=\frac{T_1}{2\sqrt{2}}=\frac{1}{2\sqrt{2}} \text{ বৎসর।}$$

কাজেই, সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব অর্ধেক হইবার ফলে বৎসরের দৈর্ঘ্য হইবে

$$T_2=\frac{365}{2\sqrt{2}} \text{ দিন} = 129 \text{ দিন (প্রায়)}$$

160. মনে করি, ভূপৃষ্ঠ হইতে কৃত্রিম উপগ্রহটির উচ্চতা $=h$; ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান g এবং ভূপৃষ্ঠ h হইতে উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান g' হইলে লেখা যায়,

$$g=G\frac{M}{R^2} \text{ এবং } g'=G\frac{M}{(R+h)^2}$$

এখানে, M এবং R যথাক্রমে পৃথিবীর ভর এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

$$g'=g\,\frac{R^2}{(R+h)^2} \quad \text{...} \quad (i)$$

যদি কৃত্রিম উপগ্রহটির কৌণিক গতিবেগ, পৃথিবীর আপন অক্ষে আবর্তনের কৌণিক বেগের সমান হয় এবং যদি উপগ্রহটি পৃথিবীর ন্যায় পশ্চিম হইতে

পূর্বে ঘোরে তাহা হইলে ভূ-পৃষ্ঠে অবস্থিত দর্শকের সাপেক্ষে উহা স্থির অবস্থায় থাকে। কৃত্রিম উপগ্রহের কৌণিক বেগ ω হইলে লেখা যায়,

$m\omega^2 r = mg'$ (r=পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে কৃত্রিম উপগ্রহের দূরত্ব)

বা, $g' = \omega^2 r = \omega^2 (R + h)$ (ii)

শর্তানুসারে, কৃত্রিম উপগ্রহটির কৌণিক বেগ পৃথিবীর কৌণিক বেগের সমান।

কাজেই, $\omega = 2\pi/T$, এখানে T=পৃথিবীর আবর্তনের পর্যায়কাল।

চিত্র 141

সুতরাং, সমীকরণ (ii) হইতে পাই, $g' = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \times (R+h)$

$$\text{বা,}\quad g' = \frac{4\pi^2}{T^2} \times (R+h) \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

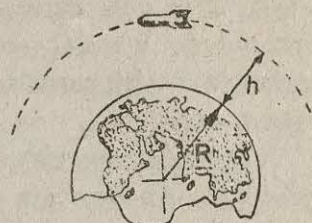
সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে লিখিতে পারি,

$$\frac{4\pi^2(R+h)}{T^2} = \frac{gR^2}{(R+h)^2} \quad \text{বা,} \quad (R+h)^3 = \frac{gR^2T^2}{4\pi^2}$$

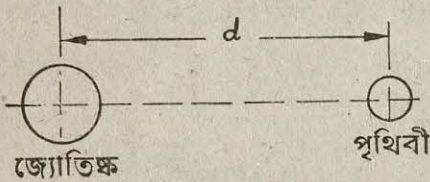
$$\text{বা,}\quad h = \left(\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$$

ইহাই ভূপৃষ্ঠ হইতে কৃত্রিম উপগ্রহটির উচ্চতা। কাজেই, g, R, T—এই তিনটির রাশির মান জানা থাকিলে সহজেই h-এর মান পাওয়া যায়।

161. সূর্যের আকর্ষণ কেবলমাত্র পৃথিবী-পৃষ্ঠে অবস্থিত বস্তুগুলির উপরই ক্রিয়া করে না, পৃথিবীর উপরেও ক্রিয়া করে। সূর্যের মহাকর্ষের প্রভাবে পৃথিবী-পৃষ্ঠে অবস্থিত বস্তুর যে-ত্বরণ সৃষ্টি হইবে পৃথিবীরও কার্যত সেই ত্বরণ সৃষ্টি হইবে। সুতরাং পৃথিবী-পৃষ্ঠে কোন বস্তুকে স্প্রিং-তুলা হইতে ঝুলাইয়া দিলে সূর্যের আকর্ষণে স্প্রিং এবং বস্তু—উভয়ের উপর সমান ত্বরণ সৃষ্টি হয়। ফলে সূর্যের আকর্ষণে স্প্রিং-তুলার পাঠ বদলায় না। বস্তুর ওজনের উপর সূর্যের আকর্ষণের কোন প্রভাব নাই বলিয়া দিন এবং রাত্রিতে বস্তুর ওজন সমানই হইবে।

● সূর্যের মহাকর্ষ দ্বারা পৃথিবী-পৃষ্ঠের বস্তুগুলির ওজন প্রভাবিত না হইবার কারণ অন্যভাবেও ব্যাখ্যা করা যায়। পৃথিবী সূর্যের চারিদিকে প্রদক্ষিণ করে। সূর্য-কর্তৃক পৃথিবীর উপর প্রযুক্ত মহাকর্ষ বলই এই ঘূর্ণনের জন্য প্রয়োজনীয় অভিকেন্দ্র বল সরবরাহ করে। অর্থাৎ, পৃথিবীর উপর ক্রিয়াশীল অভিকেন্দ্র বল পৃথিবীর উপর সূর্যের মহাকর্ষ বলের সমান। ভাষান্তরে বলা যায়, সূর্যাভিমুখে পৃথিবীর অভিকেন্দ্র ত্বরণ সূর্যের মহাকর্ষ ক্ষেত্রে অবাধে পতনশীল বস্তুর ত্বরণের সমান। সুতরাং, সূর্যের মহাকর্ষ ক্ষেত্রে পৃথিবী অবাধে পতনশীল বস্তুর ন্যায় ক্রিয়া করে। অবাধে

পতনশীল বস্তুর কোন ওজন থাকে না। কাজেই, সূর্যের মহাকর্ষ ক্ষেত্রে 'পতনশীল' পৃথিবীর উপর সূর্যের মহাকর্ষের কোন প্রভাব থাকে না। কৃত্রিম উপগ্রহের উপর যেমন পৃথিবীর অভিকর্ষের কোন প্রভাব থাকে না, তেমনি পৃথিবীর উপর সূর্যের মহাকর্ষেরও কোন প্রভাব থাকে না। ফলে দিন ও রাত্রিতে বস্তুর ওজনের কোন তারতম্য দেখা যায় না।

162. পৃথিবী-পৃষ্ঠে অবস্থিত বিভিন্ন বস্তুর উপর চন্দ্র যে-আকর্ষণ বল প্রয়োগ করে সূর্য তদপেক্ষা অনেক বেশি আকর্ষণ বল প্রয়োগ করে। তথাপি জোয়ার-ভাঁটা সৃষ্টিতে সূর্যের আকর্ষণ অপেক্ষা চন্দ্রের আকর্ষণই বেশি কার্যকর। নিম্নে ইহার কারণ ব্যাখ্যা করা হইল।

পৃথিবীর কেন্দ্র এবং পৃথিবী-পৃষ্ঠে কোন জ্যোতিষ্কের মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের প্রাবল্যের (intensity of the gravitational field) অন্তর দ্বারাই জোয়ারের তীব্রতা নির্ধারিত হয়। অর্থাৎ, কোন জ্যোতিষ্কের মহাকর্ষের প্রভাবে সমগ্র পৃথিবীর ত্বরণ এবং পৃথিবী-পৃষ্ঠের উপরিস্থ জলরাশির ত্বরণের অন্তর দ্বারাই জোয়ার-ভাঁটার প্রাবল্য নির্ধারিত হয়। মনে করি, M ভরবিশিষ্ট কোন নির্দিষ্ট জ্যোতিষ্ক (সূর্য বা চন্দ্র) হইতে পৃথিবীর দূরত্ব d (চিত্র 142)।

চিত্র 142

কাজেই, ঐ জ্যোতিষ্কের মহাকর্ষ-বলের প্রভাবে পৃথিবীর ত্বরণ

$$f_1 = G\frac{M}{d^2} \qquad \cdots \qquad (i)$$

এবং পৃথিবী-পৃষ্ঠের উপর অবস্থিত জলরাশির ত্বরণ

$$f_2 = G\frac{M}{(d-R)^2} \qquad \cdots \qquad (ii)$$

কাজেই, পৃথিবী-পৃষ্ঠের জলরাশির এবং সমগ্র পৃথিবীর ত্বরণের অন্তর

$$\triangle f = \frac{GM}{(d-R)^2} - \frac{GM}{d^2} = \frac{GM\,(2dR-R^2)}{d^2(d-R)^2} \qquad \cdots \qquad (iii)$$

এখানে G = মহাকর্ষীয় ধ্রুবক এবং R = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ

এখানে, d-এর সাপেক্ষে R-এর মান উপেক্ষণীয় বলিয়া সমীকরণ (iii) হইতে লেখা যায় যে, পৃথিবী এবং পৃথিবী-পৃষ্ঠস্থ জলরাশির ত্বরণের অন্তর

$$\triangle f = 2R\frac{GM}{d^3} \qquad \cdots \qquad (iv)$$

যে-জ্যোতিষ্কের মহাকর্ষের ফলে এই ত্বরণের অন্তর ($\triangle f$) বেশি হয় সেই জ্যোতিষ্কই জোয়ার-সৃষ্টিতে তত বেশি কার্যকর। চন্দ্রের ক্ষেত্রে d-এর মান পৃথিবীর ব্যাসার্ধের প্রায় 60 গুণ এবং সূর্যের ক্ষেত্রে d-এর মান পৃথিবীর ব্যাসার্ধের প্রায় 2500 গুণ। কাজেই, চন্দ্র অপেক্ষা সূর্যের ক্ষেত্রে d^3-এর মান প্রায় 75×10^6 গুণ বেশি

কিন্তু সূর্যের ভর চন্দ্রের ভর অপেক্ষা প্রায় 27×10^6 গুণ বেশি। কাজেই, সূর্য অপেক্ষা চন্দ্রের ক্ষেত্রে $\triangle f$-এর মান 75/27 বা 2·78 গুণ বেশি। অর্থাৎ, জোয়ার-ভাঁটা সৃষ্টিতে সূর্য অপেক্ষা চন্দ্রের প্রভাব প্রায় 2·78 গুণ বেশি।

163. যদি সীসার গোলকটি সম্পূর্ণ নিরেট হইত তাহা হইলে উহা ক্ষুদ্র ভর m-কে যে-বলে আকর্ষণ করিত তাহার মান, $F=G\dfrac{Mm}{d^2}$ ... (i)

এখানে G হইল মহাকর্ষীয় ধ্রুবক। এই বলটিকে দুইটি বলের লব্ধি রূপে কল্পনা করা যায়, যথা—(i) যে-অংশে ফাঁপা গোলক সৃষ্টি হইয়াছে সেই অংশের আকর্ষণ-বল, F_1 এবং (ii) গোলকের বাকী অংশের আকর্ষণ-বল, F_2।

অর্থাৎ $F=F_1+F_2$ ... (ii)

এখানে F_2-এর মান নির্ণয় করিতে হইবে।

যে-গোলকটি ফাঁপা অংশটিকে ভরাট করে উহার ভর

$$M'=\tfrac{4}{3}\pi\rho\left(\frac{R}{2}\right)^3,\ \text{এখানে}\ \rho=\text{সীসার ঘনত্ব}$$

$$\therefore\quad M'=\tfrac{1}{8}\times\tfrac{4}{3}\pi R^3\rho=\frac{M}{8}$$

ইহার কেন্দ্রটি m ভরবিশিষ্ট বস্তু হইতে $\left(d-\dfrac{R}{2}\right)$ দূরত্বে অবস্থিত। সুতরাং

$$F_1=G.\frac{\frac{M}{8}.\ m}{\left[d-\frac{R}{2}\right]^2}$$

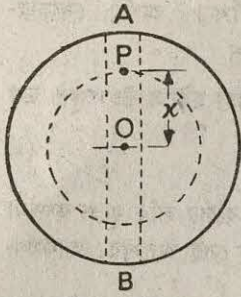
সুতরাং, নির্ণেয় আকর্ষণ-বল, $F_2=F-F_1$

$$=G\frac{Mm}{d^3}-G\frac{\frac{M}{8}.m}{\left(d-\frac{R}{2}\right)^2}=GMm\left[\frac{7d^2-8dR+2R^2}{8d^2\left(d-\frac{R}{2}\right)^2}\right]$$

164. মনে করি, AB সুড়ঙ্গটি পৃথিবীর কেন্দ্র দিয়া গিয়াছে (চিত্র 143) উহাতে m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তু ফেলা হইল। ধরা যাক, কোন নির্দিষ্ট সময়ে বস্তুটি P অবস্থানে আসিয়াছে। আমরা জানি যে, বস্তুটির উপর কেবলমাত্র x-ব্যাসার্ধ-বিশিষ্ট গোলকটিই (কাটা রেখা দ্বারা অঙ্কিত) আকর্ষণ-বল প্রয়োগ করিবে, কেননা এই গোলকের বাহিরের অংশের আকর্ষণ-বল শূন্য।

কাজেই, বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল বল,

$$F=G\frac{\frac{4}{3}\pi x\rho.m}{x^2}=\tfrac{4}{3}\pi\rho x.m$$

এখানে, G=মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, ρ=পৃথিবীর উপাদানের গড় ঘনত্ব।

চিত্র 143

$\therefore$ বস্তুটির ত্বরণ, $f=\frac{F}{m}=\frac{4}{3}G\pi\rho . x$ (i)

দেখা যাইতেছে যে, ত্বরণ, $f \propto x$

এই ত্বরণের অভিমুখে সর্বদাই পৃথিবীর কেন্দ্র O-এর দিকে। সুতরাং, বস্তুটি সরল দোল গতি (simple harmonic) সম্পাদন করে।

বস্তুটির দোলনের পর্যায়কাল,

$$T=2\pi\sqrt{\frac{\text{সরণ }(x)}{\text{ত্বরণ }(f)}} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) হইতে পাই, $\frac{x}{f}=\frac{3}{4G\pi\rho}$ ... (iii)

সুতরাং, দোলনকাল, $T=2\pi\sqrt{\frac{3}{4G\pi\rho}}$ [(ii) ও (iii) হইতে] ... (iv)

● **বিশেষ দ্রষ্টব্য :** সুড়ঙ্গটি যদি পৃথিবীর ব্যাস বরাবর না যায় তাহা হইলেও সুড়ঙ্গের মুখে কোন বস্তুকে ছাড়িয়া দিলে বস্তুটি সরল দোল গতি সম্পাদন করে। সে ক্ষেত্রেও বস্তুটির দোলনকাল (ii) নং সমীকরণের অনুরূপ হইবে। বস্তুটির দোলনকালকে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ এবং অভিকর্ষজ ত্বরণের সাহায্যেও প্রকাশ করা যায়।

আমরা জানি, $g=\frac{Gm}{R^2}$, R=পৃথিবীর ব্যাসার্ধ এবং M=পৃথিবীর ভর

$$\therefore \quad g=G\tfrac{4}{3}\pi R^3\rho/R^2=\tfrac{4}{3}G\pi R\rho$$

$$\text{বা,} \quad \frac{3}{4G\pi\rho}=\frac{R}{g} \quad \cdots \quad \text{(v)}$$

সমীকরণ (iv) এবং (v) হইতে লেখা যায়, $T=2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$

165. অভিকর্ষের প্রভাবে নিচে পড়িবার সময় অবাধে পতনশীল কোন বস্তুর বিভিন্ন অংশের আপেক্ষিক অবস্থান বদলাইলেও উহার ভারকেন্দ্র একই ত্বরণ (অবাধে পতনশীল বস্তুর ত্বরণ) লইয়া নিচে নামিতে থাকে। কেননা, কোন সংস্থার আভ্যন্তরীণ বলের ক্রিয়ায় উহার ভারকেন্দ্রের অবস্থানের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। সুতরাং, মাছিটি উপরে উঠিতে থাকিলেও পরখ-নল ও মাছির দ্বারা গঠিত সংস্থাটির ভারকেন্দ্র পূর্বের ন্যায় অবাধে পতনশীল বস্তুর ত্বরণ (অভিকর্ষজ ত্বরণ, g) লইয়া নিচে পড়িতে থাকে। কিন্তু পতনশীল পরখ-নলের মধ্য দিয়া মাছিটি উপরে উঠিতে থাকিলে পরখ-নলের তলদেশের সাপেক্ষে পরখ-নল ও মাছি দ্বারা গঠিত সংস্থার ভারকেন্দ্রটি উপরে উঠিতে থাকে। কিন্তু, ভূ-কেন্দ্রের সাপেক্ষে আলোচ্য

সংস্থার ভারকেন্দ্রের নিম্নাভিমুখী ত্বরণ অপরিবর্তিত থাকে। কাজেই, মাছিটি উপরে উঠিতে থাকিলে পরখ-নলের তলদেশের সাপেক্ষে আলোচ্য সংস্থার ভারকেন্দ্রটি উপরে উঠিতে থাকে বলিয়া পরখ-নলের তলদেশ পূর্বাপেক্ষা বেশি ত্বরণে নিচের দিকে নামিতে থাকে, যাহাতে ভূ-কেন্দ্রের দিকে সংস্থার ভারকেন্দ্রের ত্বরণ অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং, মাছি স্থির থাকিলে পরখ-নলের তলদেশ যে-সময় পরে ভূমি স্পর্শ করে, পরখ-নলটির পতনকালে মাছিটি উপরে উঠিতে থাকিলে পরখ-নলটির তলদেশ তদপেক্ষা কম সময় পরে ভূমি স্পর্শ করে। অর্থাৎ, পতনশীল পরখ-নলের মধ্য দিয়া মাছিটি উপরে উঠিতে থাকিলে পরখ-নলের পতনকাল কমিয়া যাইবে।

166. পতনশীল বস্তুর সূত্রানুসারে, অভিকর্ষের প্রভাবে সকল পড়ন্ত বস্তুরই একই ত্বরণ লইয়া নিচে পড়িবার কথা। কিন্তু আমাদের দৈনন্দিন অভিজ্ঞতায় ইহার সমর্থন পাই না। আমরা সাধারণত দেখি যে, হাল্কা বস্তু অপেক্ষা ভারী বস্তু অধিকতর দ্রুত ভূমিতে নামিয়া আসে। ইহার কারণ হইল এই যে, বায়ুর মধ্য দিয়া পড়িবার সময় প্রতিটি বস্তুকে বায়ুজনিত বাধা অতিক্রম করিতে হয়। ইহাতে পতনশীল বস্তুর নিম্নাভিমুখী ত্বরণ অবাধে পতনশীল বস্তুর ত্বরণ (অভিকর্ষজ ত্বরণ) অপেক্ষা কম হয়। বায়ুজনিত বাধার ফলে পতনশীল বস্তুর নিম্নাভিমুখী ত্বরণের হ্রাস হাল্কা বস্তুর ক্ষেত্রেই বেশি হয়। ইহার ফলে হাল্কা বস্তু অপেক্ষা ভারী বস্তু অপেক্ষাকৃত দ্রুত নিচে নামিয়া আসে। কিন্তু একটি ধাতব চাক্‌তির উপর এক টুকরা কাগজ রাখিয়া উহাদিগকে একসঙ্গে ফেলিলে উহারা একই সঙ্গে নিচে পৌঁছিবে, কেননা এ ক্ষেত্রে ধাতব চাক্‌তিটি নিচে থাকায় উহা বায়ুজনিত বাধা অতিক্রম করিয়া নামিতে থাকে। কাগজের টুকরাটি উপরে থাকায় উহাকে বায়ুজনিত বাধার সম্মুখীন হইতে হয় না, ফলে উহা অবাধে ধাতব চাক্‌তিটিকে অনুসরণ করে এবং একই সঙ্গে ভূমিতে নামিয়া আসে।

167. মনে করি, প্রথম বস্তুটির পতন শুরু হইবার t সময় পর বস্তুদ্বয়ের দূরত্বের ব্যবধান হয় l; প্রথম বস্তুটি যখন t সময় ধরিয়া নিচে পড়িয়াছে সেই সময় দ্বিতীয় বস্তুটি $(t-\tau)$ সময়ে নিচে পড়িয়াছে।

t সময়ে প্রথম বস্তু-কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব, $h_1=\frac{1}{2}gt^2$

$(t-\tau)$ সময়ে দ্বিতীয় বস্তু-কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব, $h_2=\frac{1}{2}g(t-\tau)^2$

শর্তানুসারে, $l=h_1-h_2$

কাজেই, $l=\frac{1}{2}gt^2-\frac{1}{2}g\,(t-\tau)^2$ বা, $l=gt\,\tau-\frac{1}{2}g\tau^2$

সুতরাং, নির্ণেয় সময়, $t=\dfrac{l}{g\tau}+\dfrac{\tau}{2}$

168. পতন শুরু হইবার পর কোন নির্দিষ্ট সময় t-তে $(t>\tau)$ A বস্তুর গতিবেগ,

$v_A=gt$, এখানে g হইল অভিকর্ষজ ধ্রুবক।

প্রশ্নের শর্তানুসারে, এই সময়ের মধ্যে B বস্তুটি $(t-\tau)$ সময় ধরিয়া পড়িয়াছে। কাজেই, এই সময় B বস্তুটির গতিবেগ, $v\ =g(t-\tau)$

সুতরাং, B বস্তুর সাপেক্ষে A বস্তুর গতিবেগ,

$$v_{AB}=v_A-v_B=gt-g(t-\tau)=g\tau=\text{ধ্রুবক} \quad \cdots \quad (i)$$

কাজেই দেখা যাইতেছে যে, B বস্তুর সাপেক্ষে A বস্তুর গতিবেগ একটি ধ্রুবক। প্রকৃতপক্ষে, যে-মুহূর্তে B বস্তুর পতন আরম্ভ হয় সেই মুহূর্তে A বস্তুর যে-গতিবেগ থাকে তাহাই B বস্তুর সাপেক্ষে A বস্তুর গতিবেগ। ইহা সময়-নিরপেক্ষ।

169. বল দুইটি একই সঙ্গে ভূমি স্পর্শ করিবে। ইহার কারণ ব্যাখ্যা করা হইল। যে-বলটি উপর হইতে ছাড়িয়া দেওয়া হইল সেই বলটি অভিকর্ষের প্রভাবে g-ত্বরণ হইয়া নিচে নামিতে থাকিবে। যে-বলটি অনুভূমিক রেখা বরাবর একটি প্রাথমিক গতিবেগে উৎক্ষিপ্ত হইল উহাও g-ত্বরণ লইয়া নিচে নামিতে থাকিবে। তবে, সম্মুখের বলটির একটি প্রাথমিক গতিবেগ আছে বলিয়া নিচে নামিতে নামিতে ইহা সম্মুখের দিকেও অগ্রসর হইবে। কিন্তু উল্লম্ব অভিমুখে বলটির প্রাথমিক গতিবেগের কোন উপাংশ নাই বলিয়া বলটির উল্লম্ব গতি, অর্থাৎ নিম্নাভিমুখী পতন কোনভাবেই ইহার সম্মুখ গতির দ্বারা প্রভাবিত হইবে না। একই সময়ে উভয় বল উল্লম্ব অভিমুখে একই দূরত্ব অতিক্রম করে বলিয়া উহারা একই সময়ে ভূমিতে নামিয়া আসিবে, যদিও প্রথম বলটি উল্লম্ব রেখা বরাবর নামিয়া আসে এবং দ্বিতীয় বলটি অধিবৃত্তাকার পথ ধরিয়া চলিয়া ভূমি স্পর্শ করে।

170. প্রশ্নের শর্তানুসারে, বালকটি সেকেণ্ডে n বার বল ছোঁড়ে। কাজেই, প্রতিটি বলের উত্থানকাল, $t=1/n$ sec $\quad \cdots \quad (i)$

আমরা জানি যে, উত্থানকাল এবং পতনকাল পরস্পর সমান।

মনে করি, বলগুলির সর্বোচ্চ অবস্থানের উচ্চতা$=h$

এই উচ্চতা নামিতে t সময় লাগে বলিয়া লেখা যায়,

$$h=\tfrac{1}{2}gt^2 \quad \cdots \quad (ii)$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $h=\frac{1}{2}g\left(\frac{1}{n}\right)^2=\frac{g}{2n^2}$

171. ধরি, স্থির অবস্থা হইতে পড়ন্ত বস্তুটি t সেকেণ্ড সময়ে n সেন্টিমিটার দূরত্ব এবং $(t-\tau)$ সেকেণ্ড দূরত্বে $(n-1)$ সেন্টিমিটার দূরত্ব অতিক্রম করে। তাহা হইলে n-তম সেন্টিমিটার অতিক্রম করিতে বস্তুটি যে-সময় লয় তাহার মান τ সেকেণ্ড। আমরা লিখিতে পারি,

$$n=\tfrac{1}{2}\,gt^2 \quad \cdots \quad (i)$$

$$\text{এবং } n-1=\tfrac{1}{2}\,g\,(t-\tau)^2 \quad \cdots \quad (ii)$$

$$\therefore \quad \text{কাজেই, } t=\sqrt{\frac{2n}{g}}$$

$$\text{এবং } \; t-\tau=\sqrt{\frac{2(n-1)}{g}}$$

$$\therefore \quad \tau=\sqrt{\frac{2}{g}}\left(\sqrt{n}-\sqrt{n-1}\right)$$

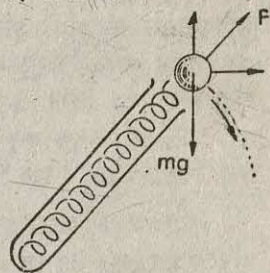
172. বুলেট যখন ঊর্ধ্বাভিমুখে উঠিতে থাকে তখন উহার নিম্নাভিমুখী ত্বরণ

$$a_r = g + (P/m) \quad \cdots \quad (i)$$

এবং যখন বুলেটটি নিচের দিকে নামিতে থাকে তখন উহার নিম্নাভিমুখী ত্বরণ

$$a_f = g - (P/m) \quad \cdots \quad (ii)$$

এখানে, m হইল বুলেটের গতিবেগ এবং P হইল বুলেটের উপর ক্রিয়াশীল বায়ুজনিত বাধা। এই বায়ুজনিত রোধ বুলেটের গতির বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে। কিন্তু উত্থানকালে গতিপথের নিম্নতম অবস্থানে এবং গুলি ছুঁড়িবার মুহূর্তে বুলেটের গতিবেগ সর্বোচ্চ হয়। পতনকালেও গতিপথের সর্বনিম্ন অবস্থানে (অর্থাৎ, পতনের মুহূর্তে) ইহার গতিবেগের মান সর্বোচ্চ হয়। প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে, উৎক্ষিপ্ত বুলেট যে-বেগে নিচে নামিয়া আসে তাহার মান বুলেটের উৎক্ষেপণ-বেগ অপেক্ষা কম। ইহার কারণ এই যে, বায়ুজনিত বাধার বিরুদ্ধে চলিবার সময় বুলেটের কিছু পরিমাণ শক্তির অপচয় ঘটে।

প্রশ্নের শর্তানুসারে, বায়ুজনিত বাধা বুলেটের গতিবেগের সহিত সমানুপাতে বৃদ্ধি পায়। উৎক্ষিপ্ত হইবার মুহূর্তে বুলেটের গতিবেগ সর্বোচ্চ বলিয়া এই সময় বায়ুজনিত বাধা P-এর মানও সর্বোচ্চ। এই সময় বুলেটের ত্বরণের মান সর্বোচ্চ (সমীকরণ (i) হইতে)। বুলেটটি যত উপরে উঠিতে থাকিবে ইহার গতিবেগ তত কমিতে থাকিবে। ফলে বায়ুজনিত রোধ P-এর মানও কমিতে থাকিবে। সর্বোচ্চ অবস্থানে বুলেটের গতিবেগ শূন্য বলিয়া এই সময় P-এর মান শূন্য হইবে। এই সময় বুলেটের ত্বরণ অভিকর্ষজ ত্বরণের সমান। ইহার পর বুলেটটি নিচে নামিতে থাকিবে। এই সময় বায়ুজনিত বাধা অভিকর্ষ-বলের বিপরীতমুখী। কাজেই, নামিবার সময় বস্তুর ত্বরণ অভিকর্ষজ ত্বরণ অপেক্ষা কম হয়। বুলেটটি যত নিচে নামিয়া আসে ইহার গতিবেগ তত বাড়ে, সেই সঙ্গে উহার ত্বরণ কমিতে থাকে। সর্বনিম্ন অবস্থানে বুলেটটির নিম্নমুখী গতিবেগ সর্বোচ্চ বলিয়া এই সময় অভিকর্ষের বিরুদ্ধে ক্রিয়াশীল বায়ুজনিত বাধার মান সর্বোচ্চ। কাজেই, এই সময় বুলেটের নিম্নাভিমুখী ত্বরণ সর্বনিম্ন।

চিত্র 144

173. নলটি যতক্ষণ স্থির অবস্থায় থাকে ততক্ষণ গোলকটি নলের মধ্যে থাকে। এই সময় স্প্রিংটি সংনমিত অবস্থায় থাকে। এই সংনমিত স্প্রিংটিও গোলকটির উপর স্থিতিস্থাপকতাজনিত একটি বল F প্রয়োগ করে। কাজেই, যখন নলটি নিচে পড়িতে থাকে তখন প্রথমে গোলকটি নল অপেক্ষা কম ত্বরণে নিচে নামিতে থাকে, কেননা, F বলের উল্লম্ব উপাংশ ইহার উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ-বলের বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে (চিত্র 144)। ইহার ফলে, গোলকটি নল হইতে উঠিয়া আসিতে থাকে এবং সেই সঙ্গে স্প্রিংটি প্রসারিত হইতে থাকে। F বলের প্রভাবে গোলকটি-যে কেবল উল্লম্ব অভিমুখেই নলটি হইতে পিছাইয়া পড়িবে তাহাই নয়, F বলটি তির্যগ্‌ভাবে ক্রিয়াশীল বলিয়া গোলকটি

ইহার প্রভাবে অনুভূমিক অভিমুখেও একটি গতিবেগ লাভ করে। সুতরাং, নলের মুখে আসিয়া অনুভূমিক অভিমুখে একটি নির্দিষ্ট গতিবেগে উৎক্ষিপ্ত বস্তুর ন্যায় গোলকটি অধিবৃত্তাকার পথে ভূমির দিকে নামিতে থাকে (চিত্র 144)।

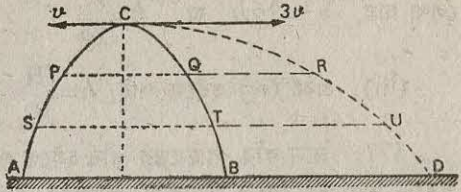
174. দ্রুতগামী ট্রেনের মধ্যে অবাধে পতনশীল বল এবং মিনারের চূড়া হইতে অবাধে পতনশীল বল একই নিম্নাভিমুখী ত্বরণ লইয়া নিচে নামিতে থাকে। উভয় বলের নিম্নাভিমুখী ত্বরণই অভিকর্ষজ ত্বরণের সমান। কাজেই, কোন নির্দিষ্ট সময়ে উভয় বলই নিম্নাভিমুখে একই দূরত্ব অতিক্রম করিবে।

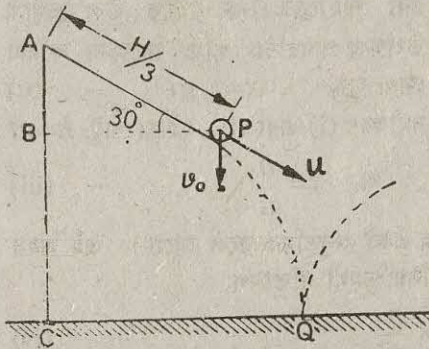
175. মনে করি, বিস্ফোরণের ফলে উৎপন্ন খণ্ড দুইটির প্রতিটির ভর$=m$

বিস্ফোরণের ফলে গোলার একটি খণ্ড অধিবৃত্তাকার সঞ্চার-পথের শীর্ষবিন্দু হইতে পূর্ববর্তী পথে অনুসরণ করিয়া উৎক্ষেপণ-বিন্দুতে ফিরিয়া যায়। সুতরাং বুঝা যাইতেছে যে, খণ্ডটি বিস্ফোরণের পর যে-ভরবেগ লাভ করে তাহা উহার পূর্ববর্তী ভরবেগের সমান কিন্তু বিপরীতমুখী। অর্থাৎ, বিস্ফোরণের পূর্বে এই খণ্ডটির ভরবেগ mv হইলে বিস্ফোরণের পর ইহার ভরবেগ হইবে $-mv$। কাজেই, বিস্ফোরণের ফলে এই খণ্ডটির ভরবেগের পরিবর্তন$=-2mv$। বিস্ফোরণের পূর্বে দ্বিতীয় খণ্ডটির ভরবেগও ছিল mv। এখন ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে আমরা জানি যে, বিস্ফোরণের ফলে গোলার দুই খণ্ডের ভরবেগের যোগফলের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। এখন, প্রথম খণ্ডের ভরবেগের পরিবর্তন $-2mv$ বলিয়া দ্বিতীয় খণ্ডটির ভরবেগের পরিবর্তন হইবে $+2mv$। অর্থাৎ, বিস্ফোরণের পর দ্বিতীয় খণ্ডটির ভরবেগ হইবে $(mv+2mv)$ বা $3mv$। কাজেই এই খণ্ডটি পূর্ববর্তী অধিবৃত্তাকার সঞ্চারপথের শীর্ষবিন্দু হইতে তিনগুণ গতিবেগে নূতন অধিবৃত্তাকার পথ ধরিয়া চলিতে থাকে। কাজেই, শীর্ষবিন্দুতে গোলার বিস্ফোরণের পর প্রথম খণ্ডটি অনুভূমিক রেখা অভিমুখে যতটা দূরে যাইবে দ্বিতীয় খণ্ডটি অনুভূমিক দিকে উহার তিনগুণ দূরত্ব অতিক্রম করিবে। অর্থাৎ, বিস্ফোরণ না হইলে গোলকটি উৎক্ষেপণ-বিন্দু হইতে যতটা দূরে গিয়া ভূমি স্পর্শ করিত বিস্ফোরণের ফলে দ্বিতীয় খণ্ডটি উহার দ্বিগুণ দূরত্ব অতিক্রম করিবে।

বিস্ফোরণের অব্যবহিতকাল পরে গোলার উল্লম্ব অভিমুখে দুই খণ্ডের কোনটিরই গতিবেগের কোন উপাংশ থাকে না। সুতরাং উহারা উভয়েই উল্লম্ব অভিমুখে g-ত্বরণ লইয়া একই সঙ্গে পড়িতে থাকে এবং একই সঙ্গে ভূমি স্পর্শ করে।

● **বিকল্প সমাধান :** বিস্ফোরণের সময় গোলার উপর কোন বাহ্যিক বলের প্রভাব নাই। সুতরাং, বিস্ফোরণের ফলে গোলার ভারকেন্দ্রের গতিবেগের কোনরূপ প্রভাব পরিবর্তন হয় না। সুতরাং, বিস্ফোরণ না হইলে গোলার ভারকেন্দ্র যে-অধিবৃত্তাকার পথ ধরিয়া চলিত, বিস্ফোরণের পরও গোলার দুই খণ্ডের ভারকেন্দ্র সেই অধিবৃত্তাকার পথ ধরিয়াই চলে। গোলার দুই খণ্ডের ভর সমান বলিয়া উহাদের সম্মিলিত সংস্থার (system) ভারকেন্দ্র সর্বদা এই দুইখণ্ডের সংযোজী সরলরেখার মধ্যবিন্দুতে অবস্থান করে। কাজেই, প্রথম খণ্ডটি পূর্ববর্তী সঞ্চারপথ ধরিয়া যখন P বিন্দুতে আসে তখন

দ্বিতীয় খণ্ডটি আসে R বিন্দুতে (চিত্র 145)। এখানে PQ=QR হইবে, যাহাতে এই দুই খণ্ডের সম্মিলিত ভর সংস্থার ভারকেন্দ্রটি Q বিন্দুতে অবস্থান করে। অনুরূপভাবে, প্রথম খণ্ডটি যখন S বিন্দুতে আসে তখন দ্বিতীয় খণ্ডটি U-বিন্দুতে আসে যাহাতে এই দুই খণ্ডের ভারকেন্দ্র T বিন্দুতে অবস্থান করে। প্রথম খণ্ডটি A বিন্দুতে ভূমি স্পর্শ করে বলিয়া দ্বিতীয় খণ্ডটি D বিন্দুতে ভূমি স্পর্শ করিবে। এখানে AB=BD।

চিত্র 145

176. বলটি নততল বরাবর পিছাইয়া P বিন্দু পর্যন্ত আসিবে (চিত্র 146)। এই সময় বলটির গতিশক্তি উহার স্থিতিশক্তির হ্রাসের সমান হইবে। P বিন্দুতে AP অভিমুখে বস্তুটির গতিবেগ u হইলে লেখা যায়,

চিত্র 146

$$\tfrac{1}{2}mu^2=mg\times AB$$

বা, $\tfrac{1}{2}mu^2=mg.\dfrac{H}{3}\sin 30^\circ$

$$=mg.\frac{H}{6}$$

বা, $u=\sqrt{\dfrac{gH}{3}}$ ... (i)

এই গতিবেগ-এর উল্লম্ব উপাংশ, $v_0=u\cos 60^0=\dfrac{u}{2}=\tfrac{1}{2}\sqrt{\dfrac{gH}{3}}$ ... (ii)

P বিন্দুর পর বলটি অধিবৃত্তাকার পথ (parabolic path) ধরিয়া চলিতে থাকে এবং একটি নির্দিষ্ট কোণে আনত অবস্থায় Q বিন্দুতে ভূমিতে পড়ে। অনুভূমিক তলের সহিত পূর্ণ স্থিতিস্থাপক সংঘাতের ফলে বলটি সর্বোচ্চ কতটা উচ্চতা পর্যন্ত উঠিবে তাহা কেবলমাত্র ভূমি স্পর্শ করিবার মুহূর্তে বলটির গতিবেগের উল্লম্ব উপাংশের উপর নির্ভর করে।

Q বিন্দুতে বলটির গতিবেগের উল্লম্ব উপাংশকে v দ্বারা সূচিত করিলে লেখা যায়, $v^2=v_0{}^2+2g\times BC$

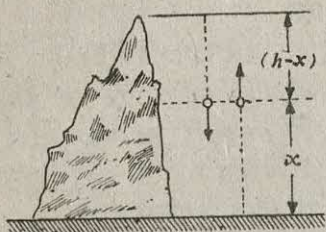
বা, $v^2=v_0{}^2+2g\,(AC-AB)$ বা, $v^2=v_0{}^2+2g\left(H-\dfrac{H}{6}\right)$

বা, $v^2=\tfrac{1}{4}\dfrac{gH}{3}+2g\times\dfrac{5H}{5}$ বা, $v^2=\dfrac{7gH}{4}$ ... (iii)

ভূমির সহিত স্থিতিস্থাপক সংঘাতের ফলে বস্তুটি h উচ্চতা পর্যন্ত উঠিলে

লেখা যায়, $v^2=2gh$ বা, $h=\frac{v^2}{2g}$ ... (iv)

(iii) এবং (iv) হইতে পাই, $h=\frac{7H}{8}$

177. মনে করি, পাহাড়ের শীর্ষ হইতে পতিত পাথরটি এবং পাহাড়ের নিচ হইতে উপরের দিকে উৎক্ষিপ্ত পাথরটি যখন একই অনুভূমিক তলে আসে তখন পাহাড়ের তলদেশ হইতে উহাদের উভয়ের উচ্চতা $=x$

চিত্র 147

এখন, পাহাড়ের শীর্ষ হইতে পড়ন্ত পাথরটির গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$h-x=ut-\tfrac{1}{2}gt^2 \quad \dots \quad \text{(i)}$$

এবং পাহাড়ের নিচ হইতে ঊর্ধ্বাভিমুখে উৎক্ষিপ্ত পাথরটির গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়, $x=\frac{1}{2}gt^2$ ... (ii)

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $h=ut$

বা, $t=\frac{h}{u}$ ... (iii)

কাজেই, পাথর দুইটি h/u সময় পর একই অনুভূমিক তলে আসে। এই সময় পাহাড়ের উপর হইতে পড়ন্ত পাথরটির নিম্নাভিমুখী গতিবেগ

$$v_1=gt=g\times\frac{h}{u} \quad \dots \quad \text{(iv)}$$

এবং পাহাড়ের নিচ হইতে উৎক্ষিপ্ত পাথরটির ঊর্ধ্বাভিমুখী গতিবেগ

$$v_2=u-gt=u-g.\frac{h}{u} \quad \dots \quad \text{(v)}$$

কাজেই, v_1 এবং v_2 পরস্পর সমান হইলে সমীকরণ (iv) এবং (v) হইতে লেখা যায়,

$$g.\frac{h}{u}=u-g.\frac{h}{u} \quad \text{বা,} \quad u=\sqrt{2gh}$$

ইহাই একই অনুভূমিক তলে আসিয়া পাথরদ্বয়ের গতিবেগ পরস্পর সমান হইবার শর্ত।

178. মনে করি, প্রথম বস্তুটি চলিতে শুরু করিবার t সময় পর বস্তুদ্বয় পরস্পর B বিন্দুতে মিলিত হয় (চিত্র 112)। কাজেই শর্তানুসারে লেখা যায় যে,

$$H=\tfrac{1}{2}gt^2 \quad \dots \quad \text{(i)}$$

$$\text{এবং } h=ut-\tfrac{1}{2}gt^2 \quad \dots \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) সমাধান করিয়া পাই, $u=(H+h)\sqrt{\frac{g}{2H}}$ ... (iii)

সুতরাং, দ্বিতীয় বস্তুটি সর্বোচ্চ যে-উচ্চতা পর্যন্ত উঠিত উহার মান,

$$h_{max} = \frac{u^2}{2g} = \frac{(H+h)^2}{4H} \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

যখন, $H=h$, তখন $u=(H+H)\sqrt{\frac{g}{2H}} = \sqrt{2gH}$

[সমীকরণ (iii) হইতে]

এবং $h_{max} = \frac{(H+H)^2}{4H} = H = h$ [সমীকরণ (iv) হইতে]

179. কোন ব্যক্তি সর্বোচ্চ কোন্ উচ্চতা হইতে লাফাইয়া নিরাপদে ভূমিতে নামিতে পারে তাহা নির্ভর করে ঐ ব্যক্তি কোন্ গতিবেগ লইয়া নামিয়া আসে তাহার উপর। প্রশ্নের শর্তানুসারে পৃথিবী-পৃঠে 2m উচ্চতা হইতে লাফান নিরাপদ। 2m উচ্চতা হইতে লাফাইলে কোন ব্যক্তি যে-গতিবেগে মাটিতে নামিয়া আসে তাহার মান v হইলে লেখা যায়, $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 980 \times 200}$ cm/sec ··· (i)

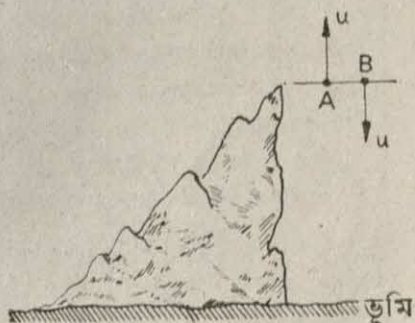
মনে করি, উক্ত গ্রহে কোন ব্যক্তি সর্বোচ্চ h cm উচ্চতা হইতে লাফাইয়া নিরাপদে মাটিতে নামিতে পারে। যে-গতিবেগ লইয়া ঐ ব্যক্তি ভূমি স্পর্শ করে তাহার মান,

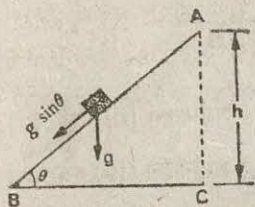
$$v' = \sqrt{2 \times 196 \times h} \text{ cm/sec} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

$v = v'$ বলিয়া (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$2 \times 196 \times h = 2 \times 980 \times 200 \quad \text{বা,} \quad h = 1{,}000 \text{ cm} = 10 \text{ m}$$

180. মনে করি, ভূমি হইতে কিছুটা উপরে পাহাড়ের ধার হইতে A বলটি u গতিবেগে ঊর্ধ্বমুখে এবং B বলটি u গতিবেগে নিম্নাভিমুখে উৎক্ষিপ্ত হইল (চিত্র 148)।

আমরা জানি যে, ঊর্ধ্বমুখে উৎক্ষিপ্ত কোন বস্তু যখন অভিকর্ষ-বলের প্রভাবে (বায়ুজনিত বাধা উপেক্ষণীয় হইলে) পুনরায় উৎক্ষেপণ-বিন্দুতে নামিয়া আসে তখন ঐ বিন্দুতে বস্তুটির নিম্নাভিমুখী বেগ উহার উৎক্ষেপণ-বেগের সমান হয়। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে A বলটি ঊর্ধ্বমুখে উৎক্ষিপ্ত হইবার পর প্রথমে কিছুটা উপরে উঠিয়া যখন পুনরায় উৎক্ষেপণ-বিন্দুতে নামিয়া আসে তখন ইহার নিম্নাভিমুখী গতিবেগ u-এর সমান হইবে। B বলটিও এই গতিবেগেই উৎক্ষেপণ-বিন্দু হইতে নিম্নাভিমুখে উৎক্ষিপ্ত হইয়াছে। কাজেই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, উভয় বলই একই বেগে ভূমি স্পর্শ করিবে।

চিত্র 148

181. (i) মনে করি, AB নততলটি অনুভূমিক তলের সহিত θ কোণে আনত (চিত্র 149)। ব্লকটি যখন নততল বাহিয়া উপর হইতে নিচে নামিতে থাকে তখন ব্লকটির উপর ক্রিয়াশীল ত্বরণ $= g \sin\theta$

চিত্র 149

মনে করি, ব্লকটি নততল বাহিয়া A হইতে B বিন্দুতে আসিতে t_1 সময় লয়।

সুতরাং, $s=ut+\frac{1}{2}ft^2$ সমীকরণ হইতে লেখা যায়,

$$AB=0\times t_1+\tfrac{1}{2}\, g \sin\theta\times t_1{}^2$$

$$\text{বা,}\quad t_1{}^2=\frac{2AB}{g \sin\theta} \qquad \cdots \quad (i)$$

A হইতে B বিন্দুর উল্লম্ব দূরত্ব h হইলে লেখা যায়, $\sin\theta=\frac{h}{AB}$

$$\text{বা,}\quad AB=\frac{h}{\sin\theta} \qquad \cdots \quad (ii)$$

(i) এবং (ii) হইতে পাই, $t_1{}^2=\frac{2h}{g \sin^2\theta}$

$$\text{বা,}\quad t_1=\frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\frac{2h}{g}} \qquad \cdots \quad (iii)$$

অপর একটি ব্লককে A হইতে মুক্তভাবে নিচে পড়িতে দেওয়া হইল। মনে করি, ঐ ব্লকটি t_2 সময়ে A হইতে C বিন্দুতে আসে।

কাজেই, $AC=h=\frac{1}{2}gt_2{}^2$ বা, $t_2=\sqrt{\frac{2h}{g}}$ $\cdots$ (iv)

$\sin\theta<1$ বলিয়া (iii) এবং (iv) হইতে দেখা যাইতেছে যে,

$$t_2<t_1 \qquad \cdots \quad (v)$$

অর্থাৎ, যে-ব্লকটি মুক্তভাবে পড়িতেছে সেই ব্লকটি আগে ভূমি স্পর্শ করিবে।

(ii) যে-ব্লকটি নততল বাহিয়া নামিতেছে B ভূমিতে পৌঁছিয়া উহার গতিবেগ v_1 হইলে লেখা যায় $v_1{}^2=0+2\,(g \sin\theta)\times AB$ ($\because\ v^2=u^2+2fs$)

[কেননা, নততল বরাবর ইহার ত্বরণ $=g \sin\theta$]

$$\text{বা,}\quad v_1{}^2=2g \sin\theta\times\frac{h}{\sin\theta} \qquad \text{[সমীকরণ (i) হইতে]}$$

$$\text{বা,}\quad v_1=\sqrt{2gh} \qquad \cdots \quad (vi)$$

যে-ব্লকটি মুক্তভাবে পড়িতেছে ভূমিতে পৌঁছিয়া উহার গতিবেগ v_2 হইলে লেখা যায়, $v_2{}^2=2gh$ বা, $v_2=\sqrt{2gh}$ $\cdots$ (vii)

সমীকরণ (vi) এবং (vii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, ব্লকদ্বয় একই গতিবেগে ভূমি স্পর্শ করে।

182. পতনশীল বস্তুর ওজন থাকে না। কাজেই, প্রথম ক্ষেত্রে যখন বালি-ঘড়ির উপরের অংশ হইতে নির্দিষ্ট হারে বালি-ধারা নিচে পড়িতেছে তখন পতনশীল বালির ওজন তুলাপাত্রে ধরা পড়ে না।

কিন্তু দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বালি-ঘড়ির মধ্যবর্তী সমস্ত বালিই নিচের অংশে থাকে। এই সময় বালি-ঘড়ির মধ্যবর্তী সমস্ত বালির ওজনই তুলাযন্ত্রে ধরা পড়ে। কাজেই, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বালি-ঘড়ির ওজন বেশি হইবে। এক্ষেত্রেই বালি-সমেত বালি-ঘড়িটির প্রকৃত ওজন পাওয়া যাইবে।

183. ভরহীন, সম্প্রসারণ-প্রবণতাহীন এবং সম্পূর্ণ নমনীয় কোন সূতা হইতে একটি আয়তনহীন ভারী কণা ঝুলাইয়া দিলে একটি আদর্শ সরল দোলক গঠিত হয়। কিন্তু বাস্তবে এইরূপ আদর্শ দোলক পাওয়া সম্ভব নয়। কেননা, বাস্তবে ওজনহীন সম্পূর্ণ নমনীয় সূতা, কিংবা আয়তনহীন ভারী কণার অস্তিত্ব নাই। কেবলমাত্র গাণিতিক হিসাব-নিকাশের সুবিধার জন্য এইরূপ কল্পনা করা হয়। সাধারণত, সীসা বা অন্য কোন ধাতুর দ্বারা তৈয়ারী গোলককে কোন পাকহীন সূতার সাহায্যে ঝুলাইয়া দিয়া সরল দোলকের বাস্তব সংস্করণ পাওয়া যায়।

184. সরল দোলকের দোলনকাল পিণ্ডের ভর বা উপাদানের উপর নির্ভর করে না। কোন দোলকের দোলন-বিস্তার কম থাকিলে কোন কোন স্থানে দোলকের দোলনকাল কেবলমাত্র উহার কার্যকর দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে। আলোচ্য সরল দোলক দুইটির কার্যকর দৈর্ঘ্য সমান। কাজেই, ইহাদের পিণ্ডের ভর অসমান হওয়া সত্ত্বেও ইহাদের দোলনকাল সমান হইবে।

185. চন্দ্রপৃষ্ঠে একটি দোলকের দোলনকাল উহার ভূপৃষ্ঠের দোলনকাল অপেক্ষা বেশি বলিয়া সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, চন্দ্রপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ক্ষেত্রের প্রাবল্য অপেক্ষাকৃত কম।

পৃথিবী-পৃষ্ঠ অপেক্ষা ভূপৃষ্ঠে দোলকের দোলন অপেক্ষাকৃত বেশি সময় স্থায়ী হয়। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, দোলক ভূপৃষ্ঠে দুলিবার সময় যে-বায়ুজনিত বাধা ও ঘর্ষণজনিত বাধার সম্মুখীন হয় চন্দ্রপৃষ্ঠে সেই বাধার মান অপেক্ষাকৃত কম। প্রকৃতপক্ষে, চন্দ্রপৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডল না থাকায় কেবলমাত্র দোলকের প্রলম্বন-বিন্দুতে ক্রিয়াশীল বাধার দরুনই ইহার দোলন অবমন্দিত (damped) হয় এবং ইহার দোলন-বিস্তার ধীরে ধীরে হ্রাস পাইতে থাকে। পৃথিবী-পৃষ্ঠে দুলিবার সময় বায়ুজনিত বাধাও ক্রিয়া করে বলিয়া ভূপৃষ্ঠে দোলনের স্থায়িত্ব কম হয়।

186. (i) সমুদ্রতল হইতে দার্জিলিং-এর উচ্চতা বেশি বলিয়া ঐ স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান অপেক্ষাকৃত কম। কার্যকর দৈর্ঘ্য স্থির থাকিলে দোলকের দোলনকাল অভিকর্ষজ ত্বরণের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক বলিয়া অভিকর্ষজ ত্বরণের মান কমিলে দোলনের দোলনকাল বাড়িবে। কাজেই, সমুদ্রতল হইতে দোলকটিকে দার্জিলিং লইয়া গেলে দোলকটির দোলনকাল বৃদ্ধি পাইবে, ফলে ঘড়ি 'স্লো' চলিবে।

(ii) দোলকের ফাঁপা পিণ্ডটি জলদ্বারা সম্পূর্ণভাবে ভর্তি করিলে পিণ্ডের ভর

বৃদ্ধি পাইবে, কিন্তু ইহার ভারকেন্দ্রের অবস্থানের কোনরূপ পরিবর্তন হইবে না। ফলে দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকে। অভিকর্ষজ ত্বরণ এবং দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকিলে দোলনকালও অপরিবর্তিত থাকে। কাজেই, পিণ্ডটি জলপূর্ণ করিলে দোলকটির দোলনকাল বদলাইবে না। সুতরাং, ঘড়ি সঠিক সময় দিবে।

(iii) কিন্তু পিণ্ডটিকে জলদ্বারা অর্ধপূর্ণ করিলে পিণ্ডের ভারকেন্দ্র কিছুটা নিচে নামিয়া আসিবে, ফলে দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য বাড়িবে। ইহাতে দোলকটির দোলনকাল বৃদ্ধি পাইবে এবং ঘড়ি 'স্লো' যাইবে।

(iv) কার্যকর দৈর্ঘ্য স্থির রাখিয়া দোলকের পিণ্ডটিকে একটি সীসার পিণ্ড দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে দোলকের দোলনকাল অপরিবর্তিত থাকিবে, ফলে ঘড়ি সঠিক সময় রাখিবে।

(v) চন্দ্রপৃষ্ঠে মহাকর্ষজনিত ত্বরণের মান অনেক কম। কাজেই, দোলক-ঘড়িটিকে চন্দ্রে লইয়া গেলে ইহার দোলনকাল বৃদ্ধি পাইবে। ফলে ঘড়ি 'স্লো' যাইবে।

(vi) নিরক্ষীয় অঞ্চল অপেক্ষা মেরু-অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান বেশি। কাজেই, যে-দোলক-ঘড়ি নিরক্ষীয় অঞ্চলে সঠিক সময় রাখে উহাকে মেরু-অঞ্চলে লইয়া গেলে উহার দোলনকাল হ্রাস পায়, ফলে ঘড়ি 'ফাস্ট' চলে।

187. মনে করি, উল্লম্ব অবস্থান হইতে গোলকটির সর্বোচ্চ বিচ্যুতির মান α (চিত্র 150)। এই অবস্থান (A) হইতে সর্বনিম্ন অবস্থান (সাম্যাবস্থান) B-তে আসিতে গোলকটির স্থিতিশক্তির হ্রাস $=mgl\cos\alpha$

কাজেই, B বিন্দুতে গোলকটির গতিশক্তি, $\frac{1}{2}mv^2 = mgl\cos\alpha$

বা, $$\frac{mv^2}{l} = 2mg\cos\alpha \quad \cdots \quad (i)$$

চিত্র 150

সাম্যাবস্থানে সূতার টান T হইলে লেখা যায়,

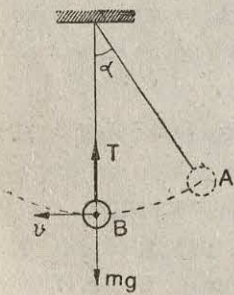
$$T - mg = \frac{mv^2}{l} \text{ (অভিকেন্দ্র বল)} \quad \cdots \quad (ii)$$

(i) এবং (ii) হইতে পাই, $T = mg + 2mg\cos\alpha \quad \cdots \quad (iii)$

কিন্তু প্রশ্নের শর্তানুসারে, $T = 2mg \quad \cdots \quad (iv)$

$\therefore$ (iii) এবং (iv) হইতে পাই, $2mg = mg + 2mg\cos\alpha$

বা, $\cos\alpha = \frac{1}{2}$ বা, $\alpha = 60°$

188. কোন দোলকের পিণ্ডকে উহার সাম্যাবস্থা B হইতে একপার্শ্বে কিছুটা টানিয়া ছাড়িয়া দিলে পিণ্ডটি ABC বক্রাকার পথে আন্দোলিত হইতে থাকে

(চিত্র 151) । দুলিবার সময় সর্বনিম্ন অবস্থান B-তে পিণ্ডের গতিবেগ কত তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। দোলকের কৌণিক বিস্তার $\angle BOC=\theta$

চিত্র 151

C বিন্দু হইতে OB রেখার উপর লম্ব (D টানা হইল। B বিন্দুতে পিণ্ডের স্থিতিশক্তিকে শূন্য ধরিলে C অবস্থানে পিণ্ডের স্থিতিশক্তি

$$=mg \times DB$$

দুলিবার সময় পিণ্ডটি যখন উহার প্রান্তিক অবস্থানে C হইতে B বিন্দুর দিকে নামিয়া আসিতে থাকে তখন উহার স্থিতিশক্তি কমিতে থাকে এবং গতিশক্তি বাড়িতে থাকে। পিণ্ডটি যখন B বিন্দুতে পৌঁছে তখন ইহার কোন স্থিতিশক্তি থাকে না। এই সময় পিণ্ডের গতিশক্তি, $\frac{1}{2}mv^2$

$=$C-বিন্দুতে পিণ্ডের স্থিতিশক্তি$=mg \times DB=mg\ (OB-OD)$

$$=mg(l-l\cos\theta)=mgl(1-\cos\theta)=2mgl\sin^2\theta/2$$

বা, $v^2=4gl\sin^2\dfrac{\theta}{2}$

সুতরাং, সর্বনিম্ন অবস্থান B-তে দোলক-পিণ্ডের গতিবেগ, $v=2\sqrt{gl}\sin\theta/2$

189. ভূপৃষ্ঠের তলায় h গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণের কার্যকর মান

$$g'=g\left(\frac{R-h}{R}\right) \qquad \ldots \quad (i)$$

এখানে g হইল ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ।

কাজেই, ভূপৃষ্ঠের তলায় h গভীরতায় l কার্যকর দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট একটি সরল দোলকের দোলনকাল

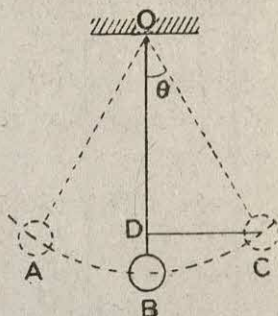
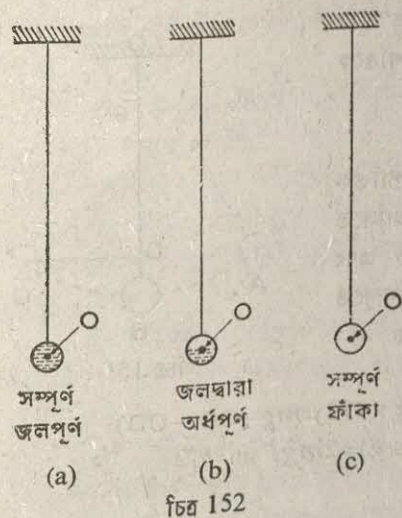
$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}} \qquad \ldots \quad (ii)$$

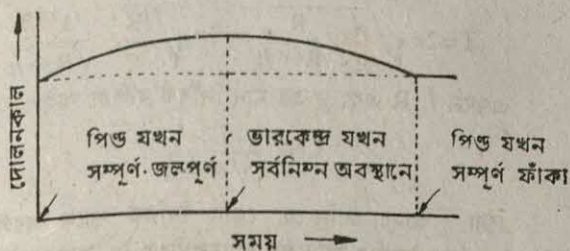
সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে লেখা যায়,

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}\cdot\frac{R}{R-h}}=2\pi\sqrt{\frac{lR}{g}}\cdot\frac{1}{\sqrt{R-h}}$$

এখানে l, R এবং g-এর মান নির্দিষ্ট বলিয়া পাই,

$$T \propto \frac{1}{\sqrt{R-h}}$$

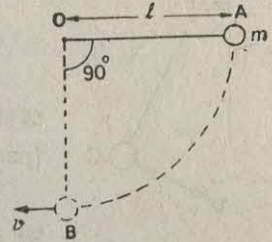
190. আমরা জানি যে, কোন নির্দিষ্ট স্থানে সরল দোলকের দোলনকাল উহার কার্যকর দৈর্ঘ্যের বর্গমূলের সমানুপাতিক। কার্যকর দৈর্ঘ্য বলিতে বিলম্বন-বিন্দু (point of suspension) হইতে দোলকের পিণ্ডের ভারকেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্ব বুঝায়: যখন দোলকের গোলাকার পিণ্ডটি সম্পূর্ণভাবে জলপূর্ণ অবস্থায় থাকে তখন

ইহার ভারকেন্দ্রটি পিণ্ডের কেন্দ্রে অবস্থান করে (চিত্র 152 a)। পিণ্ড হইতে ধীরে ধীরে জল বাহির হইয়া আসিতে থাকিলে উহার ঊর্ধ্বাংশ খালি হইতে থাকে। ইহাতে পিণ্ডের উপরের অর্ধাংশ অপেক্ষা নিচের অর্ধাংশ ভারী হইতে থাকে, ফলে পিণ্ডের ভারকেন্দ্রও নিচে নামিতে থাকে। 152 (b) নং চিত্রে গোলাকার পিণ্ডটিকে জল দ্বারা অর্ধপূর্ণ অবস্থায় দেখান হইয়াছে। এই সময় পিণ্ডের ভারকেন্দ্র উহার জ্যামিতিক কেন্দ্র O হইতে কিছুটা নিচে অবস্থিত হইবে। লক্ষণীয় যে, যখন পিণ্ড হইতে সমস্ত জল বাহির হইয়া যায় তখন পিণ্ডের ভারকেন্দ্র পুনরায় উহার কেন্দ্রে ফিরিয়া আসে (চিত্র 152 c)। অর্থাৎ পিণ্ড হইতে জল বাহির হইয়া যাইতে থাকিলে প্রথমে পিণ্ডের ভারকেন্দ্রটি নামিতে থাকে। কিন্তু ভারকেন্দ্রটি ক্রমাগত নামিয়া যায় না। পিণ্ড হইতে জল বাহির হইতে থাকিলে ইহার ভারকেন্দ্র নামিতে নামিতে একসময় উহার সর্বনিম্ন অবস্থানে আসে। ইহার পর জল আরও বাহির হইতে থাকিলে ভারকেন্দ্র পুনরায় উঠিতে থাকে। পিণ্ডটি সম্পূর্ণ ফাঁকা হইয়া গেলে ইহার ভারকেন্দ্র পুনরায় পিণ্ডের কেন্দ্রে ফিরিয়া আসে।

চিত্র 152

জল বাহির হইতে থাকিলে প্রথমে পিণ্ডের ভারকেন্দ্র নিচে নামিতে থাকে বলিয়া দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্যও ধীরে ধীরে বাড়িতে থাকে। ইহাতে দোলকের দোলনকালও বাড়িতে থাকে। ভারকেন্দ্রের অবস্থান যখন সর্বনিম্ন তখন দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য সর্বাধিক। কাজেই, এই সময় দোলকটির দোলনকালও সর্বোচ্চ হইবে (চিত্র 153)। ইহার পর ভারকেন্দ্র পুনরায় উপরে উঠিতে থাকে বলিয়া এই সময় কার্যকর দৈর্ঘ্য কমিতে থাকে। ফলে দোলকের দোলনকালও কমিতে থাকে। পিণ্ডটি জলপূর্ণ অবস্থা হইতে জলশূন্য অবস্থায় আসিবার সময় দোলনকাল কীভাবে পরিবর্তিত হইতে থাকে 153 নং চিত্রে তাহা দেখানো হইয়াছে। সম্পূর্ণভাবে জলপূর্ণ অবস্থায়

চিত্র 153

এবং জলশূন্য অবস্থায় পিণ্ডের ভারকেন্দ্র উহার জ্যামিতিক কেন্দ্রে অবস্থিত বলিয়া এই দুই অবস্থায় দোলকটির দোলনকাল সমান হইবে।

191. মনে করি, দোলক-পিণ্ডটি l ব্যাসার্ধের বৃত্তপথে চলিয়া যখন সাম্যাবস্থান B বিন্দুতে আসে তখন ইহার গতিবেগ $= v$

এই সময় দোলক-পিণ্ডের অভিকেন্দ্র ত্বরণের মান $= v^2/l$)

সূতার টান (T) এবং পিণ্ডের ওজন (mg)—এই দুই বলের যুগপৎ ক্রিয়ায় পিণ্ডটির এই অভিকেন্দ্র ত্বরণ সৃষ্টি হয়। কাজেই, নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে লেখা যায়, $T-mg=\frac{mv^2}{l}$, T = সূতার টান

চিত্র 154

কাজেই, সূতার টান$=m\left(g+\frac{v^2}{l}\right)$ ... (i)

সর্বোচ্চ অবস্থান A হইতে সাম্যাবস্থান B-তে নামিয়া আসিতে দোলক-পিণ্ডের স্থিতিশক্তির যে-হ্রাস ঘটে তাহা দোলক-পিণ্ডের গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয় বলিয়া,

B অবস্থানে পিণ্ডের গতিশক্তি, $\frac{1}{2}mv^2 = mgl$ বা, $\frac{v^2}{l}=2g$ ... (ii)

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে লেখা যায়,

$$T=m(g+2g)=3mg$$

অর্থাৎ, পিণ্ডটি যখন উহার সর্বনিম্ন অবস্থানে (সাম্যাবস্থানে) নামিয়া আসে তখন উহাতে যে-টান ক্রিয়া করে তাহার মান $3mg$। সূতার সহনসীমার ন্যূনতম মান ইহা অপেক্ষা বেশি না হইলে সূতাটি ছিঁড়িয়া যাইবে।

192. সাম্যাবস্থান হইতে α কোণে বিচ্যুত অবস্থায় পিণ্ডের গতিবেগ v হইলে উহার উপর ক্রিয়াশীল অভিকেন্দ্র বল$=(mv^2/l)$

চিত্র 155

A হইতে B অবস্থানে (চিত্র 155) আসিতে পিণ্ডের স্থিতিশক্তির হ্রাস$=mg\times l\cos\alpha$

শক্তির সংরক্ষণ সূত্র হইতে ইহাই B অবস্থানে পিণ্ডের গতিশক্তি।

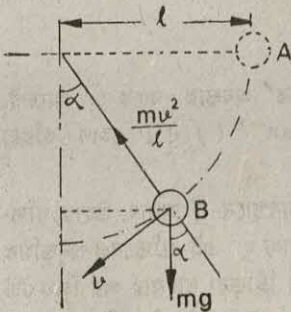
$\therefore \quad \frac{1}{2}mv^2 = mgl\cos\alpha$

বা, $(mv^2/l)=2mg\cos\alpha$ ... (i)

B অবস্থানে সূতার টান T হইলে লেখা যায়,

$T-mg\cos\alpha=(mv^2/l)$

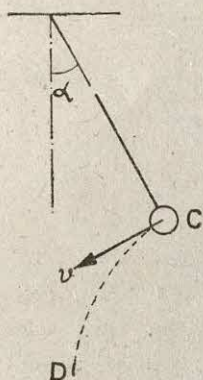
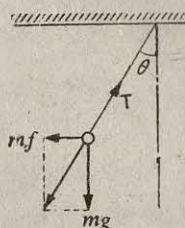
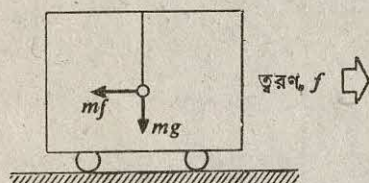
(পিণ্ডের ক্রিয়াশীল অভিকেন্দ্র বল) ... (ii)

(ii) এবং (iii) হইতে পাই, $T=3mg\cos\alpha$ ... (iii)

সূতার সহনসীমা গোলকের ওজন দ্বিগুণ ($2mg$)। অর্থাৎ, যখন সূতা ছিঁড়িয়া যাইবে তখন T-এর মান $2mg$-এর সমান হইবে। সমীকরণ (iii)-এ T-এর এই মান বসাইয়া পাই,

চিত্র 156

$$\cos \alpha = \frac{2mg}{3mg} = \frac{2}{3} \text{ বা, } \alpha = \cos^{-1}\frac{2}{3} = 48^\circ\ 11'$$

সূতা ছিঁড়িবার সময় পিণ্ডের গতিবেগের অভিমুখ উল্লম্ব রেখার সহিত α-কোণে আনত বলিয়া পিণ্ডটি CD অধিবৃত্তাকার (parabolic) পথে ভূমির দিকে নামিতে থাকে (চিত্র 156)।

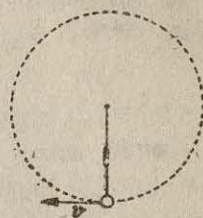
193. যখন গাড়িটি f ত্বরণ লইয়া চলিতে থাকে তখন ক্ষুদ্র গোলকটির উপর গাড়ির ত্বরণের বিপরীত দিকে mf মানের অলীক বল (pseudo-force) ক্রিয়া করে (এখানে m হইল গোলকটির ভর) এই বল গোলকটির উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ-বল mg-এর সহিত লম্বভাবে ক্রিয়া করে (এখানে g = অভিকর্ষজ ত্বরণ)। গোলকটির উপর ক্রিয়াশীল অনুভূমিক বল mf এবং

চিত্র 157

উল্লম্ব বল mg-এর লব্ধি R উল্লম্ব-রেখার সহিত θ কোণ করিয়া থাকিলে লেখা যায় যে, $\tan\theta = \dfrac{mf}{mg}$ বা, $\theta = \tan^{-1}\dfrac{f}{g}$

সাম্যাবস্থায় লব্ধি বল R সূতার টান T দ্বারা প্রতিমিত অবস্থায় থাকে। কাজেই, সাম্যাবস্থায় সূতাটি উল্লম্ব রেখার সহিত θ [$=\tan^{-1}(f/g)$] কোণ করিয়া থাকে।

194. দোদুল্যমান দোলকের পিণ্ডটি যখন সাম্যাবস্থানে (অর্থাৎ, উহার গতি-পথের মধ্যবিন্দুতে) আসে তখন উহার গতিবেগ সর্বোচ্চ। এই গতিবেগ অনুভূমিক অভিমুখে। লিফ্‌টটি যে-তার-কর্তৃক বিধৃত ছিল তাহা ছিঁড়িয়া যাইবার পর লিফ্‌টটি অভিকর্ষজ ত্বরণ লইয়া নিচে নামিতে থাকিবে। এই সময় দোলক-পিণ্ডটি ভারশূন্য অবস্থায় থাকিবে। কিন্তু গতিজাড্যের জন্য ইহার অনুভূমিক গতিবেগ বজায় থাকিবে। পিণ্ডের উপর অভিকর্ষ-বল ক্রিয়াশীল না থাকায় গতিজাড্যের ফলে পিণ্ডটি উহার সাম্যাবস্থান হইতে সরিয়া গেলেও উহাকে পুনরায় ঐ অবস্থানে ফিরাইয়া

আনিবার জন্য সরণের বিপরীতমুখী কোন বল ইহার উপর ক্রিয়া করে না ফলে পিণ্ডটি দুলিবে না।

সূতার সহিত বাধা না থাকিলে পিণ্ডটি সরলরেখা বরাবর চলিতে থাকিত। কিন্তু সূতার টান ক্রিয়া করে বলিয়া পিণ্ডটির গতিবেগের অভিমুখ পরিবর্তিত হয়। সূতার টান প্রতি মুহূর্তে পিণ্ডের তাৎক্ষণিক গতিবেগের সহিত লম্বভাবে ক্রিয়া করে। অর্থাৎ, সূতার টান দোলক-পিণ্ডকে অভিকেন্দ্র বল জোগাইয়া উহাকে উল্লম্বতলের বৃত্তপথে ঘুরাইতে থাকে।

চিত্র 158

লক্ষণীয় যে, দোলক-পিণ্ড যখন উহার সাম্যাবস্থান হইতে বিচ্যুত হইয়া বৃত্তপথ ধরিয়া ক্রমশ উঁচুতে উঠিতে থাকে তখনও উহার গতিবেগের মান এবং গতিশক্তির মান অপরিবর্তিত থাকে। ইহার কারণ এই যে, এক্ষেত্রে অভিকর্ষ-বলের ক্রিয়া নাই বলিয়া (আলোচ্য সংস্থাটি ভারশূন্য অবস্থায় আছে বলিয়া) পিণ্ডটি উপরে উঠিবার সময় পিণ্ডের স্থিতিশক্তির কোন তারতম্য ঘটে না।

195. মনে করি, প্রথম ক্ষেত্রে দণ্ডটির C প্রান্তে v_1 গতিবেগ সঞ্চারিত হইলে দণ্ডটি দোল খাইয়া অনুভূমিক অবস্থায় আসে। সাম্যাবস্থান হইতে অনুভূমিক অবস্থায় আসিতে $2m$ ভরবিশিষ্ট বস্তুটির স্থিতিশক্তির বৃদ্ধি=$(2m)gl$

শক্তির সংরক্ষণ সূত্র হইতে আমরা জানি যে, বস্তুটির স্থিতিশক্তির বৃদ্ধি ইহার প্রারম্ভিক গতিশক্তির সমান।

$$\therefore \quad \tfrac{1}{2}(2m)\, v_1^{\,2}=(2m)gl \quad \text{বা,} \quad v_1=\sqrt{2gl} \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, C প্রান্তে যুক্ত ভরের প্রারম্ভিক শক্তি=$\frac{1}{2}\, mv_2^{\,2}$ এবং দণ্ডটির মধ্যবিন্দু B-তে অবস্থিত ভরের প্রারম্ভিক শক্তি

$$=\tfrac{1}{2}m\left[\frac{v_2}{2}\right]^2+mg\left[\frac{l}{2}\right] \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

কেননা, C প্রান্তের গতিবেগ v_2 হইলে B বিন্দুর গতিবেগ $\frac{v_2}{2}$ হইবে।

সুতরাং, B এবং C অবস্থানে বিদ্যমান m ভরবিশিষ্ট বস্তুদ্বয়ের মোট শক্তি

$$=\tfrac{1}{2}mv_2^{\,2}+\tfrac{1}{2}m\left[\frac{v_2}{2}\right]^2+\tfrac{1}{2}mgl$$

বিক্ষিপ্ত হইয়া দণ্ডটি অনুভূমিক অবস্থায় আসিলে ঐ বস্তুদ্বয়ের মোট শক্তি

$$=(2m)\,gl$$

শক্তির সংরক্ষণ সূত্র হইতে পাই, $\frac{1}{2}mv_2^{\,2}+\frac{1}{2}m\left[\frac{v_2}{2}\right]^2+\frac{1}{2}mgl=2mgl$

$$\text{বা} \quad v_2=\sqrt{\frac{12}{5}\,gl}$$

196. যদি ধাতব গোলকটিকে $+e$ আধানের সাহায্যে আহিত করা হয় এবং ধারকের উপরের পাতটি ধনাত্মক তড়িতে আহিত হয়, তাহা হইলে ঐ গোলকের উপর উল্লম্ব রেখা বরাবর নিম্নাভিমুখী দুইটি বল ক্রিয়া করে

(a) অভিকর্ষ-বল, mg ; g=অভিকর্ষজ ত্বরণ

এবং (b) বৈদ্যুতিক বল, Ee ; এখানে E হইল ধারকের পাত দুইটির মধ্যবর্তী অঞ্চলে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য।

কাজেই, এক্ষেত্রে বস্তুর উপর নিম্নাভিমুখী বল, $F=mg+eE$

দোলকটির নিম্নাভিমুখী ত্বরণ g' হইলে লেখা যায়,

$$F=mg'=mg+eE \quad \text{বা,} \quad g'=g+\frac{eE}{m}$$

অর্থাৎ, এক্ষেত্রে নিম্নাভিমুখী ত্বরণের মান g হইতে বাড়িয়া g' হইবে। কাজেই দোলকের দোলনকাল

$$T'=2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}}=2\pi\sqrt{\frac{l}{g+(eE/m)}}$$

যদি ধারকের উপরের পাতটি ঋণাত্মক তড়িতে আহিত হয় তাহা হইলে দোলক-পিণ্ডটির উপর নিম্নাভিমুখী অসম বল হইবে, $F'=mg-eE$

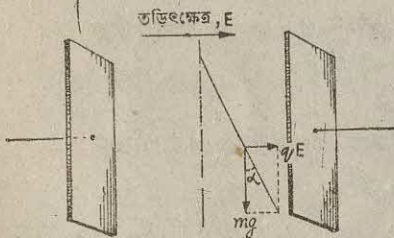
এক্ষেত্রে নিম্নাভিমুখী ত্বরণের মান g'' হইলে পাই,

$$mg''=mg-eE \quad \text{বা,} \quad g''=\left[g-\frac{eE}{m}\right]$$

সুতরাং এক্ষেত্রে দোলকটির দোলনকাল

$$T''=2\pi\sqrt{\frac{l}{g''}}=2\pi\sqrt{\frac{l}{g-(eE/m)}}$$

● ভাবিয়া দেখ : যদি ধাতব গোলকের ওজন এবং উহার উপর ক্রিয়াশীল বৈদ্যুতিক বল পরস্পর সমান (অর্থাৎ, $mg=eE$) এবং বিপরীতমুখী হয়, তাহা হইলে কী হইবে ?

197. 159 নং চিত্র দ্রষ্টব্য। দোলক-পিণ্ডটির উপর দুইটি বল ক্রিয়া করিতেছে —(i) দোলক-পিণ্ডের ওজন mg, ইহা উল্লম্ব রেখা বরাবর নিম্নাভিমুখে ক্রিয়াশীল ; (ii) দোলক-পিণ্ডের উপর ক্রিয়াশীল বৈদ্যুতিক বল Eq, ইহা অনুভূমিক অভিমুখে ক্রিয়া করে।

চিত্র 159

সুতরাং, দোলক-পিণ্ডের উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বল, $F=\sqrt{(mg)^2+(Eq)^2}$

$$\therefore \text{দোলক-পিণ্ডের ত্বরণ,} \ \frac{F}{m}=g'=\sqrt{g^2+\left[\frac{Eq}{m}\right]^2}$$

কাজেই, দোলকটির দোলনকাল, $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}}=2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2+(Eq/mg)^2}}}$

সাম্যাবস্থায় দোলকের সূতা উল্লম্ব রেখার সহিত যে-কোণ (α) উৎপন্ন করে 159 নং চিত্র হইতে উহার মান নির্ণয় করা যায়। স্পষ্টতই,

$$\tan\alpha=\frac{Eq}{mg} \quad \therefore \quad \alpha=\tan^{-1}(Eq/mg)$$

198. মনে করি, ভূ-পৃষ্ঠে একটি সরল দোলকের দোলনকাল T সেকেণ্ড এবং কোন পাহাড়ের চূড়ায় ইহার দোলনকাল T′ সেকেণ্ড। ভূ-পৃষ্ঠে এবং পাহাড়ের উপর অভিকর্ষজ ত্বরণের মান যথাক্রমে g এবং g' হইলে লেখা যায়,

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \text{ এবং } T'=2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}} \quad \therefore \quad \frac{T'}{T}=\sqrt{\frac{g}{g'}} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

ধরি, পৃথিবীর ভর=M, পৃথিবীর ব্যাসার্ধ=R ;

কাজেই, $g=\frac{MG}{R^2}$ এবং $g'=\frac{GM}{(R+h)^2}$ (h=পাহাড়ের উচ্চতা)

$$\therefore \quad \frac{g}{g'}=\left(\frac{R+h}{R}\right)^2 \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

$\therefore$ (i)-ও (ii) নং সমীকরণ হইতে পাই,

$$\frac{T'}{T}=\sqrt{\frac{g}{g'}}=1+\frac{h}{R} \qquad \text{বা, } h=R\left(\frac{T'}{T}-1\right) \quad \cdots \quad (1.28)$$

কাজেই, T এবং T′-এর মান নির্ধারণ করিয়া সমীকরণ (1.28) হইতে পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় করা যায়।

199. চিনির টুকরাটিকে ডুবাইয়া দিবার অব্যবহিত কাল পরে চিনির টুকরা-কর্তৃক অপসারিত জলের আয়তন হইবে v c. c.। কাজেই, এই সময় চিনির টুকরার উপর ক্রিয়াশীল জলের প্লবতার মান v gm-wt। ইহা চিনির টুকরাটির উপর ঊর্ধ্বাভিমুখে ক্রিয়া করিবে। ইহার ফলে চিনির টুকরাটিও তরলের উপর একটি নিম্নাভিমুখী প্রতিক্রিয়া-বল v gm-wt প্রয়োগ করিবে। কাজেই এই সময় (অর্থাৎ, চিনির টুকরাটিকে ডুবাইয়া দিবার অব্যবহিত কাল পর) তুলাযন্ত্রের পাঠ হইবে [M+v] gm।

সমস্ত চিনি গলিয়া গেলে দ্রবণের ওজন হয় (M+m) gm-wt। স্পষ্টতই, এই সময় তুলাযন্ত্রের পাঠ হইবে [M+m] gm।

এইবার মনে করি, চিনির টুকরাটি জলে ডুবাইয়া দিবার কিছুক্ষণ (t সময়) পর উহার x ভগ্নাংশ গলিয়া যায়। সুতরাং, এই সময় দ্রবীভূত চিনির ওজন xm gm-wt। অর্থাৎ, ঐ সময় দ্রবণের ওজন (M+xm) gm-wt।

এখন, অবশিষ্ট চিনির টুকরার আয়তন $(1-x)\,v$ c. c. বলিয়া ইহার উপর ক্রিয়াশীল প্লবতার মান $=(1-x)\,v$ gm-wt (xv gm চিনি দ্রবীভূত হইবার ফলে

জলের ঘনত্বের যে-পরিবর্তন হইয়াছে তাহা উপেক্ষা করিলে এইরূপ লেখা যায় ; জলের প্লবতা চিনির টুকরার উপর ঊর্ধ্বাভিমুখে ক্রিয়া করে বলিয়া চিনির টুকরাও তরলের উপর এই বলের সমান ও বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে।

কাজেই, এই সময় তুলাযন্ত্রের পাঠ$=[M+xm+(1-x)\ v]$ gm ... (i)

লক্ষ্য কর যে, চিনির টুকরাটি ডুবাইয়া দিবার অব্যবহিত কাল পরে (অর্থাৎ, যখন $t=0$ তখন) $x=0$। কাজেই, এই সময় তুলাযন্ত্রের পাঠ$=(M+v)$ gm-wt [(i) হইতে]

যখন সমস্ত চিনি গলিয়া যায় তখন $x=1$; এই সময় তুলাযন্ত্রের পাঠ $=(M+m)$ gm [(i) হইতে]

200. মনে করি, তরলের ঘনত্ব D এবং আলোচ্য V আয়তন স্থানে বিদ্যমান পদার্থের ঘনত্ব d। এই পদার্থের উপর দুইটি বল ক্রিয়াশীল—(i) V আয়তন পদার্থের ওজন (Vdg), ইহা নিম্নাভিমুখে ক্রিয়া করে। (ii) উহার উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা ; ইহা V আয়তন তরলের ওজনের সমান। স্পষ্টতই, ইহার মান$=Vdg$; ইহা পদার্থের উপর ঊর্ধ্বাভিমুখে ক্রিয়া করে।

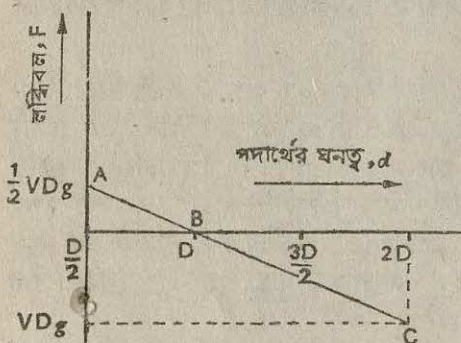
পদার্থের ঘনত্ব d যদি তরলের ঘনত্ব D অপেক্ষা কম হয় তাহা হইলে আলোচ্য পদার্থের ওজন অপেক্ষা উহার উপর ক্রিয়াশীল প্লবতার মান বেশি। কাজেই, এই সময় পদার্থের উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বল ঊর্ধ্বাভিমুখে ক্রিয়া করে। এই বলের মান F হইলে লেখা যায়,

F=V আয়তন পদার্থের উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা−V আয়তন পদার্থের ওজন

$$=VDg-Vdg=V(D-d)\ g \qquad \cdots \quad (i)$$

চিত্র 160

সমীকরণ (i) হইতে দেখা যাইতেছে যে, F-d লেখচিত্রটি একটি সরলরেখা (চিত্র 160) হইবে।

স্পষ্টতই, $d>D$ হইলে F-এর মান ঋণাত্মক হইবে। ইহার তাৎপর্য এই যে, যদি আলোচ্য পদার্থের ঘনত্ব তরলের ঘনত্ব অপেক্ষা বেশি হয়, তাহা হইলে উহার উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বল F নিম্নাভিমুখী হইবে।

শর্তানুসারে, প্রথমে পদার্থের ঘনত্ব তরলের ঘনত্বের অর্ধেক। অর্থাৎ, $d=D/2$

এই সময়, $F=V\left(D-\frac{D}{2}\right)g=\frac{1}{2}VDg \qquad \cdots \quad (ii)$

(i) নং সমীকরণ হইতে দেখা যাইতেছে যে, $d=D$ হইলে F-এর মান

শূন্য হইবে। কাজেই, d-এর মান D/2 হইতে ধীরে ধীরে বাড়িতে থাকিলে প্রথমে F-এর মান কমিতে থাকিবে এবং যখন d-এর মান D-এর সমান হইবে তখন F-এর মান শূন্য হইবে। F-d লেখচিত্রে ইহা AB অংশ দ্বারা নির্দেশিত হইতেছে। d-এর মান ইহা অপেক্ষা বেশি হইলে, অর্থাৎ আলোচ্য পদার্থের তরলের ঘনত্ব অপেক্ষা বেশি হইলে F-এর মান ঋণাত্মক হইবে। সমীকরণ (i) হইতে দেখা যাইতেছে যে, যখন d=2D তখন $F=-VDg$ হইবে। F-d লেখচিত্রে C বিন্দু দ্বারা ইহা দেখান হইয়াছে।

201. বেলুন এবং উহার সহিত যুক্ত ভর ঠিক সম্পূর্ণ নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসে। কাজেই, বেলুন ও ইহার সহিত যুক্ত বস্তুটির ওজন উহাদের দ্বারা অপসারিত জলের ওজনের সমান। এখন, অপসারিত জলের ওজন বেলুনের আয়তন এবং বেলুনের সহিত যুক্ত বস্তুটির আয়তনের সমান। আমরা জানি, তরলের চাপ উহার গভীরতার সমানুপাতিক। কাজেই, বেলুনটিকে কিছুটা নিচে ডুবাইলে উহার উপর পূর্বাপেক্ষা বেশি চাপ ক্রিয়া করিবে। ইহাতে বেলুনটির আয়তন কমিবে। ফলে বেলুন-কর্তৃক অপসারিত জলের আয়তনও কম হইবে। এই সময় বেলুন ও ইহার সহিত যুক্ত ভর-কর্তৃক অপসারিত জলের ওজন বেলুন ও বস্তুটির ওজন অপেক্ষা কম হইবে। ইহার ফলে বেলুনটি ডুবিয়া তলায় চলিয়া যাইবে।

202. a বাহুবিশিষ্ট ঘনকটিকে x উচ্চতা ডুবাইয়া দিলে পাত্রের জলের তল কিছুটা উঠিবে। প্রকৃতপক্ষে, ঘনকটি জলে নিমজ্জিত অবস্থায় যে-পরিমাণ জল অপসারিত করে সেই পরিমাণ জলই উপরিপৃষ্ঠে উঠিয়া আসে এইরূপ ধরিয়া লওয়া যায়। ইহাতে জলের অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তির পরিমাণ বাড়ে, যদিও ঘনকটি নিচে নামিয়াছে বলিয়া ঘনকটির অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি কমে।

ঘনকটিকে x উচ্চতা ডুবাইয়া দিলে ইহার স্থিতিশক্তির হ্রাস$=W.x$ ... (i)

চিত্র 161

অপসারিত জলের অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তির বৃদ্ধি=অপসারিত জলের ভর × ঐ পরিমাণ জলের গড় উচ্চতা-বৃদ্ধি × g

$$=(a^2x)\times\frac{x}{2}\times g=\frac{1}{2}a^2x^2g \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

কাজেই, আলোচ্য সংস্থার স্থিতিশক্তির মোট বৃদ্ধি, E_p

$$=\frac{1}{2}a^2x^2g-Wx=\frac{1}{2}\frac{a^3sg}{as}.x^2-Wx$$

কিন্তু, a^3sg = ঘনকটির ওজন, W

কাজেই, $E_p=\frac{1}{2}\frac{W}{as}.x^2-W.x=\frac{W}{2as}\left[x^2-2asx\right]$

সংস্থার স্থিতিশক্তির মান কখন সর্বনিম্ন হইবে, নিম্নে তাহা বিবেচনা করা হইয়াছে। এই উদ্দেশ্যে E_p-কে নিম্নরূপে লেখা যায়,

$$E_p = \frac{W}{2as}\left[(x-as)^2-(as)^2 \right]$$

স্পষ্টতই, E_p-এর মান সর্বনিম্ন হইলে $(x-as)=0$ বা, $x=as$ হইবে।

এই শর্তাধীন অবস্থায় ঘনক-কর্তৃক অপসারিত জলের ওজন

$=a^2xg=a^2\ (as)g=a^2sg=$ঘনকটির ওজন

আর্কিমিডিসের সূত্রানুসারে, ইহাই ঘনকটির সাম্যাবস্থায় মুক্তভাবে জলে ভাসিবার শর্ত। কাজেই দেখা যাইতেছে যে, যে-অবস্থায় স্থিতিশক্তির বৃদ্ধির মান অবম বা সর্বনিম্ন সেই অবস্থাতেই ঘনকটি সাম্যাবস্থায় ভাসে।

203. সাম্যাবস্থায় ভাসমান কোন বস্তুর ভরকেন্দ্র ও প্লবতা-কেন্দ্র যে-উল্লম্ব রেখায় অবস্থান করে তাকে কেন্দ্র-রেখা বলা হয়। ভাসমান বস্তু-কর্তৃক অপসারিত তরলের ভারকেন্দ্রকে প্লবতা-কেন্দ্র বলা হয়। ভাসমান বস্তুটি সাম্যাবস্থা হইতে একটু কাত হইলে প্লবতা-কেন্দ্র পরিবর্তিত হয়। পরিবর্তিত প্লবতা-কেন্দ্র হইতে অঙ্কিত উল্লম্ব-রেখা যে-বিন্দুতে কেন্দ্ররেখাকে ছেদ করে তাহাকে মেটাকেন্দ্র (meta-centre) বলা হয়। মেটাকেন্দ্রটি যদি ভাসমান বস্তুর ভারকেন্দ্রের উপরে থাকে তাহা হইলে বস্তুটির ভাসন সুস্থির হয়। মেটাকেন্দ্রটি ভারকেন্দ্রের নিচে থাকিলে বস্তুটি কাত অবস্থা হইতে সাম্যাবস্থায় ফিরিয়া যাইতে পারে না। ইহাতে বস্তুটির ডুবিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে।

কাজেই, যে-অবস্থায় মেটাকেন্দ্রটি ভারকেন্দ্রের নিচে অবস্থিত সেই অবস্থায় কোন জলযান হইতে ভার না কমাইয়া উহাতে আরও বেশি ভার চাপান অপেক্ষাকৃত বেশি নিরাপদ, যাহাতে উহার ভারকেন্দ্রটি প্লবতা-কেন্দ্রের নিচে নামিয়া যায়।

204. মনে করি, নৌকা ও আরোহীর ওজন $=M$ gm-wt

এবং ইহাতে বিদ্যমান পাথরগুলির ওজন$=W$ gm-wt

কাজেই, পাথর এবং আরোহীসহ নৌকার ওজন$=(W+M)$ gm-wt

যখন পাথরসহ নৌকাটি জলে ভাসিতেছে তখন নৌকা-কর্তৃক অপসারিত জলের ওজন$=(W+M)$ gm-wt

জলের ঘনত্ব 1 gm/c.c. বলিয়া নৌকা-কর্তৃক অপসারিত জলের আয়তন, $V_1=(W+M)$ c.c. ... (i)

মনে করি, পাথরগুলির ঘনত্ব $=d$ gm/c.c.

কাজেই, পাথরগুলির আয়তন $=\frac{W}{d}$ c.c.

∴ পাথরগুলি জলে ফেলিলে উহাদের দ্বারা অপসারিত জলের আয়তন,

$$=\frac{W}{d}\ \text{c.c.}$$

এই ...য় নৌকা ও আরোহী জলে ভাসিতেছে। কাজেই, নৌকা-কর্তৃক অপসারিত বলের ওজন$=M$ gm-wt

∴ আরোহী ও নৌকা-কর্তৃক অপসারিত জলের আয়তন $=M$ c.c.

সুতরাং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, পাথর এবং আরোহীসহ নৌকা-কর্তৃক অপসারিত জলের আয়তন, $V_2=\left(\frac{W}{d}+M\right)$ c.c. ... (ii)

(i) এবং (ii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, $V_2<V_1$

পাথরগুলি জলে ফেলিলে অপসারিত জলের আয়তন কমিয়া যায় বলিয়া সুইমিং পুলের জলের লেভেল কিছুটা নামিয়া যায়।

205. কোন বস্তুকে তরলে নিমজ্জিত করিলে ঐ বস্তুর উপর চারিদিক হইতে চাপ প্রয়োগ করে। এই চাপ বস্তুর উপর হইতেও ক্রিয়া করে, নিচ হইতেও ক্রিয়া করে। আমরা জানি যে, তরলের চাপ গভীরতার সমানুপাতিক। সুতরাং, নিচ হইতে বস্তুটির উপর তরল-কর্তৃক প্রযুক্ত ঊর্ধ্বাভিমুখী ঘাত বস্তুটির উপর হইতে তরল-কর্তৃক প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী ঘাত অপেক্ষা বেশি হয়। এই দুই ঘাতের অন্তরই নিমজ্জিত বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা। কোন নিরেট কাচের চোঙকে একটি পারদের তলদেশের সংস্পর্শে রাখিয়া পাত্রটিকে পারদ দ্বারা পূর্ণ করা হইলে কাচের চোঙটির নিচে পারদ থাকে না বলিয়া পারদ উহার উপর কোন ঊর্ধ্বাভিমুখী বল প্রয়োগ করে না। এক্ষেত্রে চোঙের উপর পারদ কেবলমাত্র উপর দিক হইতে নিম্নাভিমুখী বল প্রয়োগ করে, কাজেই কাচের চোঙের উপর প্লবতা ক্রিয়া করে না। এইজন্য কাচের চোঙটি পাত্রের তলদেশেই থাকিয়া যায়।

206. প্রথম দণ্ডটির দুই প্রান্তে যে-দুইটি বস্তু যুক্ত রহিয়াছে উহাদের উপাদান অভিন্ন (চিত্র 119)। মনে করি, উহাদের উপাদানের ঘনত্ব $=\rho$ gm/c.c.

কাজেই, 3 kg ভরবিশিষ্ট বস্তুটির আয়তন $=\frac{3000}{\rho}$ c.c.

এবং 1 kg ভরবিশিষ্ট বস্তুটির আয়তন $=\frac{1000}{\rho}$ c.c.

জলে নিমজ্জিত অবস্থায় প্রথম বস্তুটির আপাত ওজন $=\left[3000-\frac{3000}{\rho}\right]$

$$=3000\left[1-\frac{1}{\rho}\right] \text{ gm-wt}$$

এবং দ্বিতীয় বস্তুটির আপাত ওজন $=\left[1000-\frac{1000}{\rho}\right]=1000\left[1-\frac{1}{\rho}\right]$ gm-wt

এক্ষেত্রে উভয়-বস্তুর ওজন একই অনুপাতে হ্রাস পাইতেছে বলিয়া জলে নিমজ্জিত অবস্থায় প্রথম দণ্ডটির সাম্য ব্যাহত হইবে না।

দ্বিতীয় দণ্ডটির দুই প্রান্ত হইতে যে-বস্তু দুইটি ঝুলাইয়া দেওয়া হইয়াছে উহাদের আয়তন সমান (চিত্র 119)। মনে করি, উহাদের আয়তন $=V$ c.c.

কাজেই, জলে নিমজ্জিত অবস্থায় 3 kg-ভরবিশিষ্ট বস্তুটির আপাত-ওজন,

$$=(3000-V) \text{ gm-wt}$$

আলম্ব F-এর সাপেক্ষে এই ওজনের ভ্রামক,

$$\Gamma_1 = (3000 - V) \times L = (3000L - VL) \quad \cdots \quad (i)$$

অনুরূপভাবে, জলে নিমজ্জিত অবস্থায় 1 kg ভরবিশিষ্ট বস্তুটির আপাত-ওজন

$$= (1000 - V) \text{ gm-wt}$$

আলম্ব F-এর সাপেক্ষে এই ওজনের ভ্রামক,

$$\Gamma_2 = (1000 - V) \times 3L = 3000L - 3VL \quad \cdots \quad (ii)$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, $\Gamma_1 > \Gamma_2$

কাজেই, দণ্ডটি বাম দিকে হেলিয়া পড়িবে।

207. বেলুন যত উপরে উঠে উহাদের চারিপার্শ্বের বায়ুর চাপ এবং ঘনত্ব তত কমিতে থাকে। ফলে বেলুনের আয়তন সমান থাকিলে উচ্চতা-বৃদ্ধির সহিত বেলুনের উত্তোলন-ক্ষমতা (lifting power) কমিতে থাকে। রবারযুক্ত তন্তু (rubberised fabric) আদৌ প্রসারিত হয় না বলিয়া এই উপাদানের তৈয়ারী বেলুন উপরে উঠিলে উহার আয়তন বৃদ্ধি পায় না। সুতরাং, উচ্চতা-বৃদ্ধির সহিত উহার উত্তোলন-ক্ষমতা হ্রাস পাইতে থাকে। যে-উচ্চতায় বেলুন-কর্তৃক অপসারিত বায়ুর ওজন বেলুনের আবরণ ও উহার মধ্যবর্তী হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজনের সমান হইবে বেলুনটি সেই উচ্চতায় উঠিয়া স্থির হয়। ইহার পর বেলুনটি আর উঠিতে পারে না।

কিন্তু পাতলা রবারের তৈয়ারী বেলুন সহজেই প্রসারিত হয়। কাজেই, উচ্চতা-বৃদ্ধির সহিত চারিপার্শ্বের বায়ুর চাপ কমিলে আভ্যন্তরীণ বায়ুর চাপে বেলুনটি আয়তনে বাড়ে। ইহার ফলে বায়ুর ঘনত্ব হ্রাস পাওয়া সত্ত্বেও বেলুনের উত্তোলন-ক্ষমতা তেমন কমে না। ফলে পাতলা রবার-নির্মিত বেলুন অনেক বেশি উচ্চতা পর্যন্ত উঠিতে পারে।

208. শূন্য অবস্থায় বায়ুতে নিমজ্জিত প্লাস্টিক ব্যাগ যে-আয়তনের বায়ু অপসারিত করে উহার আয়তন ঐ ব্যাগের উপাদানের (অর্থাৎ, প্লাস্টিকের) মোট আয়তনের সমান। সুতরাং, শূন্য প্লাস্টিক ব্যাগটিকে বায়ুতে ওজন করিলে উহার যে-ওজন পাওয়া যাইবে তাহার মান

W_1 = প্লাস্টিকের ব্যাগের প্রকৃত ওজন (W) − ব্যাগের উপাদানের সম-আয়তন বায়ুর ওজন (x) বা, $W_1 = (W - x)$ ... (i)

বায়ুমণ্ডলীয় চাপের বায়ুদ্বারা পূর্ণ প্লাস্টিক ব্যাগের প্রকৃত ওজন,

= প্লাস্টিক ব্যাগের ওজন (W) + ব্যাগের আভ্যন্তরীণ বায়ুর ওজন (ω) = $W + \omega$

এই অবস্থায় ব্যাগের উপর ক্রিয়াশীল বায়ুর প্লবতা

= ব্যাগের বহিরায়তনের সমান আয়তনের বায়ুর ওজন

= ব্যাগের আভ্যন্তরীণ বায়ুর ওজন (ω) + ব্যাগের উপাদানের সম-আয়তন বায়ুর ওজন (x)

$= (\omega + x)$

কাজেই, বায়ুপূর্ণ প্লাস্টিক ব্যাগটিকে বায়ুতে ওজন করিলে উহার যে-ওজন পাওয়া যাইবে তাহার মান,

W_2=বায়ুপূর্ণ প্লাস্টিক ব্যাগের প্রকৃত ওজন, $(W+\omega)$ – ব্যাগের উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা $(\omega+x)$ বা, $W_2=(W-x)$ ... (ii)

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, $W_1=W_2$

অর্থাৎ, বায়ুশূন্য বা বায়ুপূর্ণ অবস্থায় প্লাস্টিক ব্যাগটির আপাত-ওজন সমান হইবে।

209. মনে করি, বস্তুটির আয়তন=V

কাজেই, ইহার ওজন=$V\rho g$

এবং বস্তুর সম-আয়তন তরলের ওজন=Vdg

সুতরাং, তরলে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল মোট নিম্নমুখী বল, P

$=(V\rho g-Vdg)$ ... (i)

এখন, তরলে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুটির নিম্নমুখী ত্বরণ, f

$$=\frac{\text{নিম্নমুখী বল, (P)}}{\text{ভর}}$$

$$=\frac{V\rho g-Vdg}{V\rho} \quad [\text{ (i) হইতে }]$$

$$\therefore \quad f=\left(1-\frac{d}{\rho}\right)g$$

210. মনে করি, বস্তুটির উপাদানের ঘনত্ব=ρ gm/cm^3 এবং ইহার আয়তন=V cm^3

কাজেই, বস্তুটির প্রকৃত ওজন=ρV gm-wt

d ঘনত্বের বায়ুতে নিমজ্জিত অবস্থায় ইহার আপাত ওজন=(বস্তুর ওজন – সম-আয়তন বায়ুর ওজন)

$=(\rho V-dV)=(\rho-d)V$ gm-wt

প্রশ্নানুসারে, $m_1=(\rho-d)V$ ... (i)

অনুরূপভাবে, D ঘনত্বের তরলে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুটির আপাত ওজন

=বস্তুর ওজন – বস্তুর সম-আয়তন তরলের ওজন

$=(\rho V-DV)=(\rho-D)$ V gm-wt

প্রশ্নানুসারে, $m_2=(\rho-D)$ V gm-wt ... (ii)

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$\frac{m_1}{m_2}=\frac{\rho-d}{\rho-D}$$

$$\text{বা,}\quad \rho=\left(\frac{m_1 D}{m_1-m_2}-\frac{m_2 d}{m_1-m_2}\right)$$

211. মনে করি, বস্তুটির প্রকৃত ভর=M

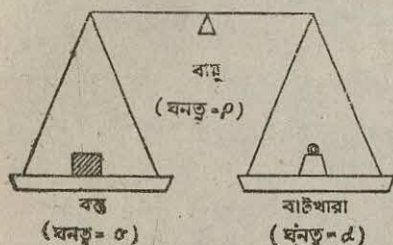
বস্তুটির উপাদানের ঘনত্ব σ বলিয়া ইহার আয়তন $=\dfrac{M}{\sigma}$.

যে-বাটখারার সাহায্যে বস্তুটি তুলাযন্ত্রে প্রতিমিত হইয়াছে উহার ভর m ; কাজেই, ব্যবহৃত পিতলের বাটখারার আয়তন $\dfrac{m}{d}$, d=পিতলের ঘনত্ব

বস্তু-কর্তৃক অপসারিত বায়ুর ভর $=\dfrac{M}{\sigma}\times\rho,\rho$=বায়ুর ঘনত্ব

এবং বাটখারা-কর্তৃক অপসারিত বায়ুর ভর$=\dfrac{m}{d}\times\rho$

বায়ুতে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর আপাত ওজন

=[বস্তুর প্রকৃত ওজন—বস্তু-কর্তৃক অপসারিত বায়ুর ওজন]

চিত্র 162

অনুরূপভাবে, বায়ুতে নিমজ্জিত অবস্থায় বাটখারার ওজন

=[বাটখারার প্রকৃত ওজন—বাটখারা-কর্তৃক অপসারিত বায়ুর ওজন]

সাম্যাবস্থায়, বস্তুটির এবং বাটখারার আপাত ওজন সমান বলিয়া লেখা যায় যে, বস্তুর প্রকৃত ওজন — বস্তু-কর্তৃক অপসারিত বায়ুর ওজন

=বাটখারার প্রকৃত ওজন—বাটখারা-কর্তৃক অপসারিত বায়ুর ওজন

বা, $\left(M-\dfrac{M}{\sigma}\times\rho\right)g=\left(m-\dfrac{m}{d}\times\rho\right)g$ এখানে, g=অভিকর্ষজ ত্বরণ

সুতরাং, $M\left(1-\dfrac{\rho}{\sigma}\right)=m\left(1-\dfrac{\rho}{d}\right)$

বা, $M=m\left(1-\dfrac{\rho}{d}\right)\Big/\left(1-\dfrac{\rho}{\sigma}\right)$ বা, $M=m\left(1-\dfrac{\rho}{d}\right)\left(1-\dfrac{\rho}{\sigma}\right)^{-1}$

$\left(1-\dfrac{\rho}{\sigma}\right)^{-1}$-এর দ্বিপদ বিস্তার করিয়া এবং $\dfrac{\rho}{\sigma}$-এর বর্গ ও উচ্চতর ঘাতবিশিষ্ট পদ উপেক্ষা করিয়া পাই, $M=m\left(1-\dfrac{\rho}{d}\right)\left(1+\dfrac{\rho}{\sigma}\right)$

212. প্রশ্নের শর্তানুসারে, বস্তুর ওজন + স্ট্যাণ্ডের ওজন = জলসমেত পাত্রটির ওজন = W (ধরি) ... (i)

আর্কিমিডিসের সূত্রানুসারে, বস্তুটিকে জলে নিমজ্জিত করিলে বস্তুটির উপর জল-কর্তৃক একটি ঊর্ধ্বমুখী বল (প্লবতা) ক্রিয়া করে। এই ঊর্ধ্বমুখী বল বস্তু-কর্তৃক অপসারিত জলের ওজনের সমান। ইহার ফলে সূতার টান কমিয়া যায়। সুতরাং,

বস্তুটিকে জলে ডুবাইয়া দিলে ডান পার্শ্বের তুলাপাত্রে ক্রিয়াশীল নিম্নাভিমুখী বল কমিয়া যায়। ডান পার্শ্বের ওজনের এই হ্রাস বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল প্লবতার সমান।

মনে করি, প্লবতা $= \omega$ ... (ii)

অর্থাৎ, এই অবস্থায় ডান পার্শ্বের তুলাপাত্রে ক্রিয়াশীল নিম্নাভিমুখী বল

= স্ট্যাণ্ডের ওজন + বস্তুর ওজন − প্লবতা

$= W - \omega$ [(i) এবং (ii) হইতে] ... (iii)

আবার, নিমজ্জিত বস্তুর উপর জল যে-ঊর্ধ্বমুখী বল প্রয়োগ করে, বস্তুটিও জলের উপর সেই পরিমাণ নিম্নাভিমুখী বল প্রয়োগ করে।

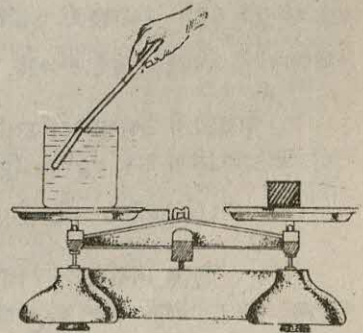
অর্থাৎ, বস্তু-কর্তৃক জলের উপর প্রযুক্ত বল প্লবতার সমান এবং বিপরীতমুখী। বস্তু-কর্তৃক জলের উপর প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী বল জলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে ক্রিয়া করে। ফলে, বস্তুটিকে জলে ডুবাইলে বাম পার্শ্বের তুলাপাত্রে ক্রিয়াশীল নিম্নাভিমুখী বল

= জলসমেত পাত্রটির ওজন + প্লবতা $= W + \omega$ [(i) এবং (ii) হইতে] ... (iv)

(iii) এবং (iv) হইতে দেখা যাইতেছে যে, ডানপার্শ্বে তুলাপাত্রে 2ω ওজনের বাটখারা চাপাইলে পুনরায় তুলাযন্ত্রের সাম্য ফিরিয়া আসিবে। অর্থাৎ, তুলাযন্ত্রের সাম্য ফিরাইয়া আনিবার জন্য ডান পার্শ্বের তুলাযন্ত্রে যে-বাটখারা চাপাইতে হইবে উহার ওজন বস্তুর দ্বিগুণ আয়তন জলের ওজনের সমান।

213. বীকারের জলে ছড়ির একাংশ নিমজ্জিত রহিয়াছে (চিত্র 163)। প্রশ্নের শর্তানুসারে ছড়ির নিমজ্জিত অংশের আয়তন 50 cm^2। ইহাতে ছড়ির উপর যে-প্লবতা ক্রিয়া করিবে উহার মান 50 gm-wt। ইহা ছড়ির উপর ঊর্ধ্বাভিমুখে ক্রিয়া করিতেছে। নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে, জল ছড়ির উপর ঊর্ধ্বাভিমুখী 50 gm-wt বল প্রয়োগ করে বলিয়া ছড়ি বীকারের জলে নিম্নাভিমুখী 50 gm-wt বল প্রয়োগ করিবে। ধরি, বীকারের জলের ওজন W gm-wt।

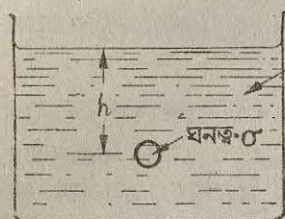
চিত্র 163

কাজেই, বামপার্শ্বের তুলাপাত্রে ক্রিয়াশীল নিম্নাভিমুখী বল = বীকারের জলের ওজন + ছড়ি-কর্তৃক প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী বল = (W + 50)′ gm-wt

এখন, তুলাদণ্ডকে সাম্যাবস্থায় আনিতে হইলে তুলাযন্ত্রের ডানপার্শ্বে তুলাপাত্রে (W+50) gm-wt ওজনের বাটখারা চাপাইতে হইবে।

এইবার বীকারের জল হইতে ছড়িটিকে বাহির করিয়া আনা হইল। এই সময় বামপার্শ্বের তুলাপাত্রে কেবলমাত্র বীকারের জলের ওজন ক্রিয়া করিবে। অর্থাৎ, এই সময় সাম্য ফিরাইয়া আনিতে হইলে ডানপার্শ্বের তুলাপাত্রে W gm-wt ওজনের

বাটখারা চাপাইতে হইবে। অর্থাৎ, এই সময় ডানপার্শ্বের তুলাপাত্র হইতে 50 gm ভরের বাটখারা তুলিয়া লইতে হইবে।

214. রবারের বলটির আয়তন V ধরিলে উহার উপর ক্রিয়াশীল প্লবতার মান হইবে $W'=V\rho g$, g=অভিকর্ষজ ত্বরণ। এই প্লবতা রবারের বলটির উপর ঊর্ধ্বমুখে ক্রিয়া করে।

রবারের বলটির ওজন, $W=V\sigma g$

চিত্র 164

এখন, $\rho>\sigma$ বলিয়া রবারের বলটির উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা W' বলটির ওজন W অপেক্ষা বেশি হইবে। ফলে বলটির উপর ঊর্ধ্বমুখে একটি অসম বল ক্রিয়া করিবে। এই অসম বলের মান, $F=W'-W=V(\rho-\sigma)g$

এই ঊর্ধ্বমুখী অসম বলের ক্রিয়ায় বলটির উপর একটি ঊর্ধ্বমুখী ত্বরণ সৃষ্টি হইবে। এই ত্বরণের মান f হইলে লেখা যায়,

$$f=\frac{(W'-W)}{V\sigma}=\frac{V(\rho-\sigma)\,g}{V\sigma}=\left(\frac{\rho-\sigma}{\sigma}\right)g \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

তরলের মধ্য দিয়া এই ত্বরণ লইয়া উঠিয়া বলটি যখন তরলের উপরিতলে পৌঁছে তখন ইহার ঊর্ধ্বমুখী গতিবেগ v_0 হইলে লেখা যায়, $v_0{}^2=2fh$ ··· (ii)

কেননা, বলটি তরলের h গভীরতা হইতে উপরে উঠিতে শুরু করিয়াছে।

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $v_0{}^2=2.\frac{\rho-\sigma}{\sigma}.gh$ ··· (iii)

v_0 গতিবেগে ঊর্ধ্বমুখে গতিশীল বলটি বায়ুর মধ্য দিয়া আরও h_0 উচ্চতা পর্যন্ত উঠিলে লেখা যায়, $v_0{}^2=2gh_0$ ··· (iv)

(iii) এবং (iv) হইতে পাই, $2gh_0=2.\frac{\rho-\sigma}{\sigma}.\,gh$ বা, $h_0=\frac{\rho-\sigma}{\sigma}h$

215. বায়ুতে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর আপাত-ওজন উহার প্রকৃত ওজন অপেক্ষা কম। ইহার কারণ বায়ুর প্লবতা। আর্কিমিডিসের সূত্রানুসারে বায়ুতে কোন বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস উহার সমআয়তন বায়ুর ওজনের সমান। সুতরাং, যে-বস্তুর আয়তন বেশি, বায়ুতে উহার ওজনের আপাত-হ্রাসও তত বেশি হইবে। কাঠের ঘনত্ব অপেক্ষা সীসার ঘনত্ব বেশি। কাজেই, একই ভরের কাঠ এবং সীসা লইয়া বায়ুতে উহাদের ওজন করিলে কাঠ অপেক্ষা সীসার ওজন বেশি মনে হইবে, কেননা সীসার উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা কাঠের উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা অপেক্ষা কম।

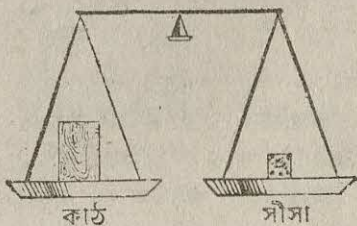
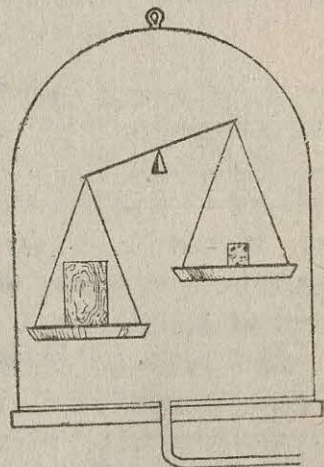
আলোচ্য পরীক্ষায় প্রথমে বায়ুতে একটি তুলাযন্ত্রের এক পাল্লায় একটি কাঠের ব্লক এবং অন্য পাল্লায় সীসার বাটখারা বসাইয়া তুলাদণ্ডকে অনুভূমিক অবস্থায় সাম্যে আনা হইয়াছে [চিত্র 165 (a)]। কাজেই,

কাঠের ব্লকের আপাত-ওজন=সীসার বাটখারার আপাত-ওজন

∴ কাঠের ব্লকের ওজন – কাঠের ব্লকের সম-আয়তন বায়ুর ওজন

=সীসার বাটখারার প্রকৃত ওজন–সীসার বাটখারার সম-আয়তন বায়ুর ওজন

এখন, কাঠের আয়তন সীসার অপেক্ষা বেশি বলিয়া লেখা যায়, কাঠের ব্লকের প্রকৃত ওজন > সীসার বাটখারার প্রকৃত ওজন।

তুলাযন্ত্রটিকে বেলজারে রাখিয়া বেলজারটি বায়ুশূন্য করিলে কাঠ বা সীসার বাটখারার উপর প্লবতা থাকিবে না। কাজেই, এই সময় তুলাযন্ত্রের দুই পাল্লায় বস্তুদ্বয়ের প্রকৃত ওজন ক্রিয়া করিবে। কাঠের প্রকৃত ওজন সীসার বাটখারার প্রকৃত ওজন অপেক্ষা বেশি বলিয়া বেলজার বায়ুশূন্য করিলে তুলাদণ্ডটি অনুভূমিক অবস্থায় থাকিতে পারিবে না, কাঠের ব্লক যে-পার্শ্বে রহিয়াছে তুলাদণ্ডটির সেই দিক নিচের দিকে ঝুঁকিয়া পড়িবে।

(a)

(b)

চিত্র 165

216. মনে করি, ব্লকের ভর M gm এবং উহাতে প্রবিষ্ট কর্কের ভর m gm। যখন ঐ ব্লকটি জলে ভাসে তখন উহা $(M+m)$ gm জল অপসারিত করে। অর্থাৎ, অপসারিত জলের আয়তন$=(M+m)$ c. c. ... (i)

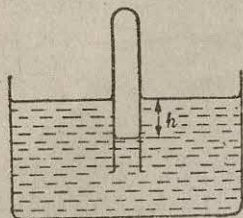
[∵ 1 gm জলের আয়তন 1 c. c.]

সমস্ত বরফ গলিয়া যে-জল উৎপন্ন হয় তাহার ভর M gm, সুতরাং আয়তন M c. c.। এই সময় কেবলমাত্র কর্কটি জলে ভাসিবে। এই সময় কর্ক m gm বা, m c. c. জল অপসারিত করিবে।

সুতরাং, বরফের গলনের ফলে উৎপন্ন জলের আয়তন + কর্ক-কর্তৃক অপসারিত জলের আয়তন$=(M+m)$ c. c. ... (ii)

(i) এবং (ii) নং সমীকরণ হইতে, বরফ সম্পূর্ণ গলিয়া গেলেও জলের লেভেলের কোনরূপ পরিবর্তন হইবে না।

217. পরখ-নলের মধ্যবর্তী জলের লেভেলের প্রারম্ভিক ব্যবধান h (চিত্র 166) হইলে লেখা যায়,

$$P_0 = P - hdg \quad \cdots \quad (i)$$

চিত্র 166

এখানে, P_0 = বায়ুমণ্ডলের চাপ, P = পরখ-নলে আবদ্ধ বায়ুর চাপ, d=জলের ঘনত্ব এবং g= অভিকর্ষজ ত্বরণ।

আমরা জানি যে, অভিকর্ষের প্রভাবে অবাধে পতনশীল বস্তুর কার্যত কোন ওজন থাকে না। কাজেই সংস্থাটি পতনশীল হইলে জলস্তম্ভ কোনরূপ উদ্‌স্থৈতিক চাপ প্রয়োগ করে না। ফলে যতক্ষণ পর্যন্ত না $P=P_0$ হয় ততক্ষণ পর্যন্ত পরখ-নলের মধ্যবর্তী জলের লেভেল নিচে নামিতে থাকিবে।

218. যখন পাত্রটি অভিকর্ষের প্রভাবে অবাধে নিচে পড়িতে থাকে তখন উপরের তরল স্তরগুলির নিচের তরল স্তরে কোন চাপ প্রয়োগ করে না। সুতরাং, এই অবস্থায় পাত্রের পার্শ্ববর্তী দেওয়ালে তরলের কোন চাপ থাকে না। ফলে, পাত্রটি যখন অবাধে নিচে নামিতে থাকে তখন ছিদ্র দুইটির মধ্য দিয়া জল বাহির হওয়া বন্ধ হইয়া যায়।

219. কোন আবদ্ধ পাত্রে অবস্থিত জলে ভাসমান ব্লকটি কিছুটা জল এবং কিছুটা বায়ু অপসারিত করিয়া সাম্যে আছে। আর্কিমিডিসের সূত্রানুসারে, ব্লকটির ওজন উহার দ্বারা অপসারিত জল এবং বায়ুর ওজনের সমান। জলের উপরিস্থিত বায়ু সংনমিত করিলে ঐ বায়ুর ঘনত্ব বৃদ্ধি পাইবে। এই অবস্থায় ব্লকটির জলে নিমজ্জিত অংশের আয়তন এবং বায়ুতে নিমজ্জিত অংশের আয়তন অপরিবর্তিত থাকিলে ব্লকটির উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা উহার ওজন অপেক্ষা বেশি হইবে, কেননা, এক্ষেত্রে বায়ু-জনিত প্লবতা পূর্বাপেক্ষা বৃদ্ধি পাইবে। অর্থাৎ, জলের উপরিস্থ বায়ু সংনমিত হইলে ব্লকটির উপর একটি অতিরিক্ত ঊর্ধ্বমুখী অসম বল ক্রিয়া করিবে। এই বলের ক্রিয়ায় ব্লকটি কিছুটা উপরে উঠিবে। কাজেই, জলের উপরের বায়ু সংনমিত হইলে ব্লকটির জলে-নিমজ্জিত অংশের আয়তন হ্রাস পাইবে।

220. বায়ুতে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস ঘটে। আর্কিমিডিসের সূত্রানুসারে, বস্তুর ওজনের এই আপাত-হ্রাস বস্তু-কর্তৃক অপসারিত বায়ুর ওজনের সমান। বস্তু উহার আপন আয়তনের সমান বায়ু অপসারিত করে। কাজেই, যে-বস্তুর আয়তন বেশি উহার ওজনের আপাত-হ্রাসও তত বেশি হইবে। এক পাউণ্ড তুলার আয়তন এক পাউণ্ড লোহার আয়তন অপেক্ষা বেশি বলিয়া বায়ুতে নিমজ্জিত অবস্থায় তুলার ওজনের আপাত-হ্রাস লোহার ওজনের আপাত-হ্রাস অপেক্ষা বেশি। ফলে বায়ুতে এক পাউণ্ড লোহার আপাত-ওজন এক পাউণ্ড তুলার আপাত-ওজন অপেক্ষা বেশি।

221. পাত্রের জলে আঙ্গুল ডুবাইলে জল আঙ্গুলের উপর ঊর্ধ্বমুখী বল প্রয়োগ করে। নিউটনের সূত্রানুসারে আঙ্গুলটিও জলের উপর এই ঊর্ধ্বমুখী বলের সমান এবং বিপরীতমুখী (অর্থাৎ, নিম্নাভিমুখী) বল প্রয়োগ করিবে। এই বল পাত্রের তলদেশে ক্রিয়া করিবে। ইহার ফলে তুলাদণ্ডের সাম্য ব্যাহত হইবে এবং যে-প্রান্তে জলপাত্রটি রহিয়াছে তুলাদণ্ডটির সেই প্রান্ত নিচের দিকে ঝুঁকিয়া পড়ে।

222. কোন বস্তু নিমজ্জিত হইলে চারিপার্শ্বের জল ঐ বস্তুর উপর চাপ প্রয়োগ করে। এই চাপ বস্তুর উপরেও ক্রিয়া করে নিচেও ক্রিয়া করে। কিন্তু আমরা জানি যে, জলের গভীরতার সহিত তরলের চাপ বৃদ্ধি পায়। সুতরাং, বস্তুটির নিচ হইতে ইহার উপর তরল-কর্তৃক প্রযুক্ত ঊর্ধ্বমুখী ঘাত (thrust) বস্তুটির উপর হইতে তরল-কর্তৃক প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী ঘাত অপেক্ষা বেশি হয়। এই দুই ঘাতের অন্তরই বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা। যখন ডুবোজাহাজ সমুদ্রের তলদেশের বালি বা কাদায় পিষ্ট (pressed) হয় তখন সমুদ্রের তলদেশ এবং ডুবোজাহাজের মধ্যস্থলে কোন জল থাকে না। কাজেই এই অবস্থায় ডুবোজাহাজের নিচে কোনরূপ ঊর্ধ্বাভিমুখী বল প্রযুক্ত হয় না। কিন্তু ডুবোজাহাজের উপরের জলের চাপ এবং ডুবোজাহাজের ওজন—উভয়েই নিম্নাভিমুখে ক্রিয়া করে। এই দুই নিম্নাভিমুখী বল ডুবোজাহাজকে সমুদ্রের তলদেশে চাপিয়া রাখে বলিয়া ডুবোজাহাজটি আর উঠিতে পারে না।

223. সাধারণ জাহাজের সহিত ডুবোজাহাজের পার্থক্য এই যে, ডুবোজাহাজকে ইচ্ছামত ডুবান এবং ভাসান যায়। ইহাতে বিশেষ ধরনের কয়েকটি প্রকোষ্ঠ থাকে। ইহাদিগকে ব্যালাস্ট ট্যাঙ্ক (ballast tanks) বলা হয়। কয়েকটি ভাল্‌ভের সাহায্যে এই প্রকোষ্ঠগুলিকে প্রয়োজনমত জলপূর্ণ বা জলশূন্য করা যায়। ডুবোজাহাজের নির্মাণ-কৌশল এইরূপ যে, এই প্রকোষ্ঠগুলি জলশূন্য থাকিলে ডুবোজাহাজ উহার সম-আয়তন জল অপেক্ষা হাল্কা হয়। এই সময় ডুবোজাহাজ ভাসিতে পারে। আবার, যখন প্রকোষ্ঠগুলিকে জলপূর্ণ করা হয় তখন ডুবোজাহাজের ওজন উহার দ্বারা অপসারিত জলের ওজন অপেক্ষা বেশি হয়। ফলে ডুবোজাহাজটি জলে নিমজ্জিত হয়। ডুবন্ত অবস্থা হইতে পুনরায় ডুবোজাহাজকে ভাসাইয়া তুলিতে হইলে শক্তিশালী পাম্পের সাহায্যে ব্যালাস্ট ট্যাঙ্কগুলিকে জলশূন্য করিতে হয়।

224. কোন বস্তুকে অপেক্ষাকৃত অধিক ঘনত্বের তরলে ডুবাইয়া ছাড়িয়া দিলে উহা পুনরায় ভাসিয়া উঠে। ইহার কারণ তরলের প্লবতা। বস্তু-কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজন বস্তুর ওজন অপেক্ষা বেশি হইলে ঐ বস্তু ভাসিয়া উঠে। কিন্তু পৃথিবী এবং অন্যান্য জ্যোতিষ্কের মহাকর্ষ-ক্ষেত্রের বাহিরে মহাশূন্যের কোন স্থানে এইরূপ হইবে না। মহাকর্ষ বল না থাকিলে বস্তু ওজনহীন হইবে। কোন তরল ওজনহীন হইলে উহার প্লবতাও থাকে না। কাজেই, মহাকর্ষের প্রভাবহীন কোন স্থানে তরলে নিমজ্জিত বস্তুর উপর কোন প্লবতা ক্রিয়া করে না। ঐরূপ স্থানে পারদে নিমজ্জিত কর্কের উপর ঊর্ধ্বমুখী কোন অসম বল ক্রিয়া করিবে না বলিয়া কর্কটির ভাসিয়া উঠিবার কোন প্রয়াস দেখা যাইবে না।

225. যখন ধাতব বলটিকে 1 নং অবস্থান হইতে 2 নং অবস্থানে আনা হইল (চিত্র 123) তখন বলটির স্থিতিশক্তির বৃদ্ধি=mgh, কিন্তু তরলের স্থিতিশক্তির হ্রাস=$v\rho hg$, এক্ষেত্রে কার্যত 2 নং অবস্থানের v আয়তনের তরল 1 নং অবস্থানে আসিয়াছে (এখানে ρ=তরলের ঘনত্ব এবং g=অভিকর্ষজ ত্বরণ)।

কাজেই, সমস্ত সংস্থার (অর্থাৎ, বল এবং তরলের) স্থিতিশক্তির পরিবর্তন

$$=mgh-v\rho gh=(m-v\rho)hg$$

স্থিতিশক্তির এই পরিবর্তন বলটিকে 1 নং অবস্থান হইতে 2 নং অবস্থানে আনিবার সময় কৃত কার্যের সমান হইবে। এই দুই অবস্থানের দূরত্ব h; কাজেই, বস্তুটিকে উপরে তুলিতে যদি F বল প্রয়োগ করা হয় তাহা হইলে লেখা যায় যে,

$$\mathrm{F}\times h=\text{স্থিতিশক্তির বৃদ্ধি}$$

বা, $\mathrm{F}\times h=(m-v\rho)\,gh$ বা, $\mathrm{F}=(m-v\rho)\,g$

অর্থাৎ, বলটির উপর ক্রিয়াশীল নিম্নাভিমুখী বল F-এর মান উহার ওজন mg অপেক্ষা কম হইবে। ওজনের আপাত হ্রাসের পরিমাণ

$$=v\rho g=v \text{ আয়তন তরলের ওজন}$$

অর্থাৎ, নিমজ্জিত অবস্থায় বলটির ওজনের আপাত-হ্রাস উহার দ্বারা অপসারিত তরলের ওজনের সমান। ইহাই আর্কিমিডিসের সূত্র।

226. 167 নং চিত্রটি দ্রষ্টব্য। AB দণ্ডটির দৈর্ঘ্য l, ইহার A প্রান্তটি তরলের $l/2$ গভীরতায় এমনভাবে আটকান আছে যাহাতে উহা অবাধে ঘুরিতে পারে। মনে করি, B প্রান্তে W_0 ওজনবিশিষ্ট একটি বস্তু যুক্ত করিলে সাম্যাবস্থায় দণ্ডের $\frac{5l}{6}$ দৈর্ঘ্য তরলে নিমজ্জিত থাকে।

চিত্র 167

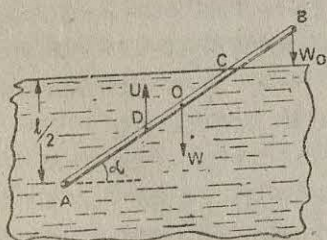
এখন, দণ্ডের ওজন W দণ্ডটির মধ্যবিন্দু O-তে ক্রিয়া করে। এখানে $\mathrm{OA}=l/2$। সাম্যাবস্থায় দণ্ডটির AC অংশ তরলে নিমজ্জিত থাকে।

কাজেই প্রশ্নের শর্তানুসারে, $\mathrm{AC}=\frac{5l}{6}$

দণ্ডের উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা (U) AC অংশের মধ্যবিন্দু D-এর মধ্য দিয়া ঊর্ধ্বমুখে ক্রিয়া করে। কাজেই,

$$\mathrm{AD}=\frac{\mathrm{AC}}{2}=\frac{5}{12}l \qquad \cdots \qquad \text{(i)}$$

এখন, A বিন্দুর সাপেক্ষে ভ্রামক লইয়া লেখা যায়,

$$\mathrm{W}\times\mathrm{OA}\cos\alpha+\mathrm{W_0}\times\mathrm{AB}\cos\alpha=\mathrm{U}\times\mathrm{AD}\cos\alpha$$

বা, $W \times AO + W_0 \times AB = U \times AD$ ... (ii)

এখন, $W = Mg$, এখানে g হইল অভিকর্ষজ ত্বরণ।

$\therefore$ AC অংশের ওজন$=\frac{5}{6} \times Mg$

আবার, তরলের ঘনত্ব দণ্ডের উপাদানের ঘনত্বের দ্বিগুণ বলিয়া দণ্ডের AC অংশের সম-আয়তন তরলের ওজন, $U = 2 \times$ দণ্ডের AC অংশের ওজন

$\therefore$ দণ্ডের AC অংশের সম-আয়তন তরলের ওজন, U

$$= 2 \times \frac{5}{6} Mg = \frac{5}{3} Mg \quad \ldots \quad \text{(iii)}$$

সুতরাং, সমীকরণ (ii) হইতে লেখা যায়,

$$Mg \times \frac{l}{2} + W_0 \times l = \frac{5}{3} Mg \times \frac{5}{12} l$$

বা, $W_0 = \frac{7}{36} Mg$ ... (iv)

মনে করি, A বিন্দুতে যুক্ত কব্জা-কর্তৃক দণ্ডটির উপর প্রযুক্ত ঊর্ধ্বমুখী বল$=$R ; কাজেই, ঊর্ধ্বমুখী এবং নিম্নমুখী বলগুলি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$R + U = W + W_0$$

বা, $R = W + W_0 - U = Mg + Mg \times \frac{7}{36} - \frac{5}{3} Mg = -\frac{17}{36} Mg$

ঋণাত্মক চিহ্নটির তাৎপর্য এই যে, কব্জা-কর্তৃক A প্রান্তে বল নিম্নাভিমুখী। এই বলের মান $\frac{17}{36} Mg$-এর সমান।

227. হাইড্রোজেন গ্যাস-পূর্ণ বেলুন বায়ুর মধ্য দিয়া উপরে উঠিলে নিচে যে-শূন্যতার সৃষ্টি হয় উপরের বায়ু নিচে আসিয়া সেই শূন্যতা পূর্ণ করে। ইহাতে বায়ুর স্থিতিশক্তি হ্রাস পায়। হাইড্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা বায়ুর ঘনত্ব বেশি বলিয়া হাইড্রোজেন-পূর্ণ বেলুন নির্দিষ্ট উচ্চতা উঠিয়া যতটা স্থিতিশক্তি লাভ করে সম-আয়তন বায়ু সেই উচ্চতা নামিয়া তদপেক্ষা বেশি স্থিতিশক্তি হারায়। ফলে, বেলুন উপরে উঠিলে বেলুনের স্থিতিশক্তি বাড়িলেও সমগ্র সংস্থাটির (অর্থাৎ, বেলুন ও বায়ুর) মোট স্থিতিশক্তি হ্রাস পায়। সংস্থার স্থিতিশক্তির এই হ্রাসই বেলুনের গতিশক্তি বৃদ্ধি করে।

কাজেই, বেলুন উপরে উঠিবার সময় উহার অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি এবং গতিশক্তি—উভয়ের মান বৃদ্ধি পাইলেও ইহা শক্তির সংরক্ষণ সূত্রের বিরোধিতা করে না। কেননা ইহাতে সংস্থার মোট শক্তির কোন তারতম্য ঘটে না।

● **বিকল্প ব্যাখ্যা :** বেলুনের উপর দুইটি বল ক্রিয়া করে—(i) ইহার ওজন, mg ; ইহা নিম্নাভিমুখে ক্রিয়াশীল, (ii) ইহার উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা। ইহা সম-আয়তন বায়ুর ওজনের সমান।

প্লবতার মান ওজন অপেক্ষা বেশি বলিয়া বেলুনের উপর একটি ঊর্ধ্বমুখী অসম-বল ক্রিয়া করে। এই বলের ক্রিয়ায় বেলুনটি ত্বরণ লইয়া উপরে উঠিতে থাকে।

বেলুনটি যখন উপরে উঠে তখন এই অসম-বল বেলুনের উপর কার্য করে।

বেলুনের উপর যে-কার্য সম্পাদিত হয় তাহাই বেলুনের অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি এবং গতিশক্তি বাড়ায়।

সুতরাং, এক্ষেত্রে শক্তির সংরক্ষণ সূত্রটি লঙ্ঘিত হইতেছে না।

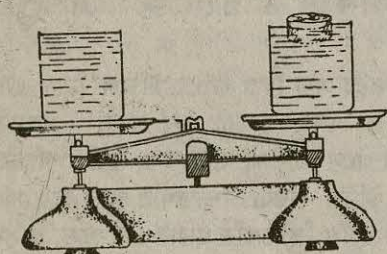
228. কোন তরল বা গ্যাসীয় পদার্থে নিমজ্জিত হইলে বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস ঘটে। আর্কিমিডিসের সূত্রানুসারে, বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস বস্তু-কর্তৃক অপসারিত তরল বা গ্যাসীয় পদার্থের ওজনের সমান। কাজেই, বায়ুতে নিমজ্জিত অবস্থায় কোন বস্তুর ওজন

= বস্তুটির প্রকৃত ওজন—বস্তুটির সম-আয়তন বায়ুর ওজন ··· (i)

আবার জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ঐ বস্তুটির ওজন

= বস্তুটির প্রকৃত ওজন — বস্তুটির সম-আয়তন জলের ওজন ··· (ii)

এখন, বায়ু অপেক্ষা জলের ঘনত্ব অনেক বেশি বলিয়া বস্তুটির সম-আয়তন বায়ুর ওজন অপেক্ষা উহার সম-আয়তন জলের ওজন অনেক বেশি। অর্থাৎ, জলে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুটির আপাত ভার-হ্রাস বায়ুতে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুটির আপাত ভার-হ্রাস অপেক্ষা অনেক বেশি। কাজেই, জলে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুটিকে অপেক্ষাকৃত হাল্কা মনে হইবে।

229. এক্ষেত্রে উভয় পাত্রের ওজন সমান হইবে। প্রথম পাত্রটিতে যে-পরিমাণ জল আছে, দ্বিতীয় পাত্রটিতে তদপেক্ষা কম জল আছে, কেননা এই পাত্রটিতে এক খণ্ড কাঠ ভাসিতেছে (চিত্র 168) কিন্তু আমরা জানি যে, ভাসমান অবস্থায় কাষ্ঠখণ্ডটি যে-পরিমাণ জল অপসারিত করে সেই পরিমাণ জলের ওজন কাষ্ঠখণ্ডটির ওজনের সমান। কাজেই, প্রথম পাত্রের জলের ওজন দ্বিতীয় পাত্রের জল এবং কাঠের ওজনের সমান।

চিত্র 168

230. কোন বস্তু যখন তরলে ভাসে তখন বস্তু-কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজন বস্তুর ওজনের সমান হয়। মনে করি, বরফে ভাসমান ব্লকটির ওজন = M gm-wt

বীকারের তরলের ঘনত্ব = 1·2 gm/c.c.

বরফ-কর্তৃক অপসারিত তরলের আয়তন V_1 c.c. হইলে লেখা যায়,

$$V_1 \times 1{\cdot}2 = M \quad \text{বা,} \quad V_1 = \frac{M}{1{\cdot}2} \text{ c.c.}$$

আবার, সমস্ত বরফ গলিয়া গেলে M c.c. জল উৎপন্ন হয়। সুতরাং, যখন সমস্ত বরফ গলিয়া যাইবে তখন তরলের লেভেল কিছুটা উপরে উঠিবে, কেননা

$$M > \frac{M}{1{\cdot}2}$$

231. মনে করি, কেবলমাত্র বরফের ওজন $=m$ gm-wt

এবং পাথরের ওজন $=\mathrm{M}$ gm-wt

পাথরসহ বরফখণ্ডটি যখন জলে ভাসিতেছে তখন উহার দ্বারা অপসারিত জলের ওজন $=(m+\mathrm{M})$ gm-wt

জলের ঘনত্ব 1 gm/c.c. ধরিলে বলা যায় যে, পাথরসহ বরফখণ্ড-কর্তৃক অপসারিত জলের আয়তন, $V_1=(m+\mathrm{M})$ c.c. ... (i)

m gm বরফ গলিয়া গিয়া m gm জল উৎপন্ন করে। এই জলের আয়তন $=m$ c.c.

এই সময় পাথরখণ্ডটি উহার সম-আয়তন জল অপসারিত করিয়া ডুবিয়া যায়। পাথরের ঘনত্ব ρ gm/c.c. হইলে ইহার আয়তন

$$=\frac{\text{ভর}}{\text{ঘনত্ব}}=\frac{\mathrm{M}}{\rho}\ \text{c.c.}$$

∴ বরফ গলিয়া যাইবার ফলে উৎপন্ন জল এবং পাথর-কর্তৃক অপসারিত জলের আয়তনের যোগফল,

$$V_2=\left(m+\frac{\mathrm{M}}{\rho}\right)\text{c.c.} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

(i) এবং (ii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, $V_2<V_1$ $[\because \ \rho>1]$

কাজেই বরফ গলিয়া যাইবার পর বীকারের জলের লেভেল নামিয়া যাইবে।

232. মনে করি, ভাসমান অবস্থায় বীকারে আবদ্ধ বায়ুর আয়তন V। অর্থাৎ, বায়ুমণ্ডলীয় চাপে বীকারের মধ্যে আবদ্ধ বায়ুর আয়তন V। বীকারটিকে জলের তলায় লইয়া গেলে উহাতে আবদ্ধ বায়ুর উপর ক্রিয়াশীল চাপের মান বাড়িবে, ফলে ঐ বায়ুর আয়তন কমিবে।

ধরা যাক, বীকারটিকে ঠেলিয়া h গভীরতায় লইয়া যাওয়া হইল (চিত্র 169)। এই সময় বীকারে আবদ্ধ বায়ুর উপর ক্রিয়াশীল চাপ

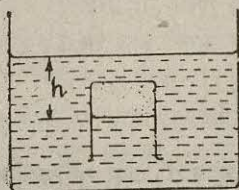
$$=\mathrm{B}+hg$$

B=বায়ুমণ্ডলীয় চাপ (জল-ব্যারোমিটারের উচ্চতা) এবং g=অভিকর্ষজ ত্বরণ।

চিত্র 169

এই সময় আবদ্ধ বায়ুর আয়তন V' হইলে বয়েল-এর সূত্র হইতে লেখা যায়, $V\times \mathrm{B}=V'\times(\mathrm{B}+hg)$

$$\text{বা,}\quad V'=\frac{\mathrm{B}}{\mathrm{B}+hg}\times V \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

বীকারের ভর M এবং ইহার উপাদানের ঘনত্ব ρ হইলে ইহার আয়তন M/d হইবে। কাজেই, h গভীরতায় নিমজ্জিত অবস্থায় বীকার এবং বায়ু-কর্তৃক অপসারিত জলের আয়তন হইবে $(V'+\mathrm{M}/d)$। এই সময় বায়ুপূর্ণ বীকারটির উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা $\left(V'+\frac{\mathrm{M}}{d}\right)\times g$-এর সমান হইবে।

বীকারের ওজন উহার উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা অপেক্ষা বেশি হইলে বীকারটি ডুবিয়া যাইবে। অর্থাৎ, বীকারটির ডুবিয়া যাইবার শর্ত নিম্নরূপ—

$$\left(V'+\frac{M}{d}\right)g<Mg \text{ বা, } V'+\frac{M}{d}<M$$

$$\text{বা, } \frac{BV}{B+hg}<M\left(1-\frac{1}{d}\right) \quad [\text{ সমীকরণ (i) হইতে }]$$

$$\text{বা, } 1+\frac{g}{B}h>\frac{Vd}{M(d-1)} \quad \text{বা, } h>\frac{B}{g}\left[\frac{Vd}{M(d-1)}-1\right]$$

কাজেই দেখা যাইতেছে যে, গভীরতা একটি নির্দিষ্ট মানের বেশি হইলে বীকারটি ডুবিয়া যায়।

233. মনে করি, গোলকটির V_1 আয়তন বিভেদতলের উপরের তরলে এবং ইহার V_2 আয়তন রহিয়াছে বিভেদতলের নিচের তরলে। এখন, গোলকের আয়তন

$$V=V_1+V_2 \quad \cdots \quad (i)$$

আর্কিমিডিসের সূত্র হইতে লেখা যায়, গোলকটির ওজন=অপসারিত তরলের ওজন

বা, গোলকটির ওজন $=\gamma_1$ আপেক্ষিক গুরুত্ববিশিষ্ট V_1 আয়তনের তরলের ওজন $+\gamma_2$ আপেক্ষিক গুরুত্ববিশিষ্ট V_2 আয়তন তরলের ওজন

বা, $V\gamma g=V_1\gamma_1 g+V_2\gamma_2 g$, $g=$ অভিকর্ষজ ত্বরণ

$$\text{বা, } V\gamma=V_1\gamma_1+V_2\gamma_2 \quad \cdots \quad (ii)$$

সমীকরণ (1) এবং (ii) হইতে পাই,

$$V\gamma=V_1\gamma_1+(V-V_1)\gamma_2 \quad \text{বা, } V_1=\frac{\gamma_2-\gamma}{\gamma_2-\gamma_1}V$$

অনুরূপভাবে দেখান যায় যে, $V_2=\dfrac{\gamma-\gamma_1}{\gamma_2-\gamma_1}V$

234. মনে করি, বায়ুতে পরীক্ষাধীন বস্তুর ওজন $=W_1$

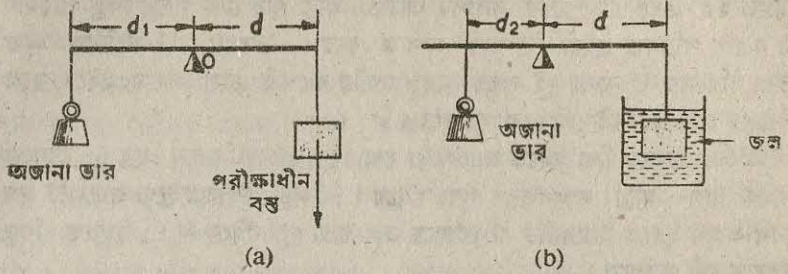
দণ্ডের মধ্যবিন্দু O হইতে ইহার দূরত্ব $=d$

এখন, সাম্যাবস্থায় O-বিন্দু হইতে অজানা ভার W-এর দূরত্ব d_1 এবং পরীক্ষাধীন বস্তুর দূরত্ব d বলিয়া লেখা যায়, $W_1 d=Wd_1$ ... (i)

অর্থাৎ, O-বিন্দুর সাপেক্ষে W-এর বামাবর্তী ভ্রামক (anticlockwise moment) এবং ঐ বিন্দুর সাপেক্ষে W_1-এর দক্ষিণাবর্তী ভ্রামক (clockwise moment) পরস্পর সমান (চিত্র 170 a)

জলে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর ওজন হ্রাস পায় বলিয়া পরীক্ষাধীন বস্তুকে জলে নিমজ্জিত করিলে দণ্ডটি আর অনুভূমিক থাকে না, কারণ এই অবস্থায় O-বিন্দুর সাপেক্ষে পরীক্ষাধীন বস্তুর আপাত ওজনের দক্ষিণাবর্তী ভ্রামক অজানা ভারের বামাবর্তী ভ্রামক অপেক্ষা কম হয়। অজানা ভারকে O-বিন্দুর দিকে কিছুটা

আগাইয়া দিলে বামাবর্তী ভ্রামকের মান কমাইয়া পুনরায় দণ্ডটিকে অনুভূমিক অবস্থায় সাম্যে আনা যায়। ধরি, এ অবস্থায় O-বিন্দু হইতে অজানা ভারটির দূরত্ব $= d_2$

(a) (b)

চিত্র 170

জলে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুটির আপাত-ওজন W_2 হইলে লেখা যায়,

$$W \times d_2 = W_2 \times d \qquad \cdots \qquad \text{(ii)}$$

এখন, সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{d_1}{d_2} \text{ বা, } \frac{W_1}{W_1 - W_2} = \frac{d_1}{d_1 - d_2} \qquad \cdots \qquad \text{(iii)}$$

এখন, পরীক্ষাধীন বস্তুটির আপেক্ষিক গুরুত্ব,

$$s = \frac{\text{বায়ুতে বস্তুটির ওজন}}{\text{বস্তুটির সম-আয়তন জলের ওজন}} \text{ বা, } s = \frac{W_1}{W_1 - W_2} \qquad \text{(iv)}$$

কাজেই, সমীকরণ (iii) এবং (iv) হইতে লেখা যায়,

$$s = \frac{d_1}{d_1 - d_2} \qquad \cdots \qquad \text{(v)}$$

সুতরাং, d_1 এবং d_2-এর মান মাপিয়া পরীক্ষাধীন বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব s-এর মান নির্ণয় করা যায়।

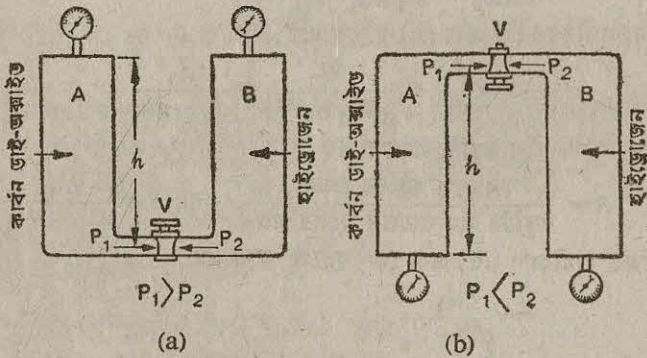
235. যখন U-নলের দুই বাহুর জলপৃষ্ঠের উপর বায়ু বা অন্য কোন গ্যাস আবদ্ধ না থাকে কেবলমাত্র তখনই উল্লম্ব অবস্থায় এবং কাত্-করান অবস্থায় উহার দুই বাহুর জলপৃষ্ঠ একই লেভেলে থাকিতে পারে।

যদি U-নলের দুই বাহুতে বায়ু আবদ্ধ থাকিত তাহা হইলে প্রথম ক্ষেত্রে (যখন বাহুদ্বয় উল্লম্ব অবস্থায় রহিয়াছে) তখন দুই পার্শ্বের বায়ুর চাপ সমান হইত। কিন্তু দ্বিতীয় ক্ষেত্রে (যখন নলটিকে উল্লম্বতলে কাত্ করিয়া রাখা হইয়াছে) U-নলের দুই বাহুতে আবদ্ধ বায়ুর চাপ সমান হইত না। ফলে এই সময় দুই বাহুর জলপৃষ্ঠ একই লেভেলে থাকিতে পারিত না। কাজেই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, U-নলটিকে বায়ুশূন্য অবস্থায় বন্ধ করা হইয়াছে।

U-নলের দুই বাহুতে জলপৃষ্ঠের উপরে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প থাকে। দুই পার্শ্বের জলীয় বাষ্পের চাপই পরীক্ষাগারের উষ্ণতায় জলের সম্পৃক্ত বাষ্প-চাপের সমান। নলটিকে কাত করিয়া ধরিলে এক পার্শ্বে আবদ্ধ জলীয় বাষ্পের আয়তন বাড়ে এবং

অপর পার্শ্বের আবদ্ধ জলীয় বাষ্পের আয়তন কমে। এই সময় যে-পার্শ্বের বাষ্পের আয়তন হ্রাস পায় সেই পার্শ্বের আবদ্ধ জলীয় বাষ্পের একাংশ ঘনীভূত হইয়া জলে পরিণত হয় এবং যে-পার্শ্বের বাষ্পের আয়তন বৃদ্ধি পায় সেই পার্শ্বে কিছু পরিমাণ জল বাষ্পে পরিণত হইয়া বাষ্পকে সম্পৃক্ত করে। সুতরাং, U-নলটিকে কাত করিয়া ধরিলেও U-নলের দুই পার্শ্বে আবদ্ধ জলীয় বাষ্পের চাপ সমান হইবে, ফলে U-নলের জলপৃষ্ঠ একই লেভেলে থাকিবে।

236. জলকে নিচ হইতে জ্যাকেটের মধ্য দিয়া প্রবেশ করান হয়। ইহাতে জ্যাকেট জল দ্বারা সম্পূর্ণভাবে পূর্ণ হইবে। কিন্তু উপর হইতে জ্যাকেটে জল প্রবেশ করান হইলে জ্যাকেটটি সম্পূর্ণভাবে জল দ্বারা পূর্ণ হইবে না। ইহাতে কিছু পরিমাণ বায়ু থাকিবে।

237. ভাল্‌ভের দুই পার্শ্বে ক্রিয়াশীল চাপ গ্যাসের পাত্রের উপরিস্থ চাপ-মাপক যন্ত্রের পাঠের সমান নয়। চাপ-মাপক যন্ত্রের পাঠের সহিত h-উচ্চতার গ্যাস-স্তম্ভের

চিত্র 171

উদ্‌স্থৈতিক চাপ যোগ করিলে ভাল্‌ভের উপর ক্রিয়াশীল চাপের মান পাওয়া যাইবে। কাজেই, চাপ-মাপক যন্ত্রের পাঠ P হইলে ভাল্‌ভ V-এর ডান পার্শ্বে ক্রিয়াশীল চাপ

$P_2 = P + h\rho_1 g$, ρ_1 = কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের ঘনত্ব।

অনুরূপভাবে, ভাল্‌ভ V-এর বামপার্শ্বে ক্রিয়াশীল চাপ

$P_2 = P + h\rho_2 g$, ρ_2 = হাইড্রোজেন গ্যাসের ঘনত্ব

এখন, কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের ঘনত্ব (ρ_1) হাইড্রোজেন গ্যাসের ঘনত্ব (ρ_2) অপেক্ষা বেশি বলিয়া লেখা যায়, $P_1 > P_2$

সুতরাং ভাল্‌ভ V খুলিয়া দিলে A পাত্র হইতে গ্যাস B পাত্রের দিকে প্রবাহিত হইবে।

দ্বিতীয় পরীক্ষায় চাপ-মাপক যন্ত্রগুলি নিচে রহিয়াছে (চিত্র 171 b)। এক্ষেত্রে চাপ-মাপক যন্ত্রের পাঠ (P) অপেক্ষা ভাল্‌ভের দুই পার্শ্বে ক্রিয়াশীল চাপ কম হইবে। এই সময় উভয় চাপ-মাপক যন্ত্রের পাঠ সমান হইলে, V ভাল্‌ভের ডান পার্শ্বের চাপ হইবে, $P_1 = P - h\rho_1 g$

এবং V ভাল্‌ভের বাম পার্শ্বের চাপ হইবে, $P_2 = P - h\rho_2 g$

স্পষ্টতই, $P_1 < P_2$; কেননা, $\rho_1 > \rho_2$

সুতরাং, এক্ষেত্রে ভাল্‌ভ V খুলিয়া দিলে B পাত্র হইতে A পাত্রের দিকে গ্যাস প্রবাহিত হইবে।

238. মনে করি, একটি মহাকাশযান ভারশূন্য অবস্থায় রহিয়াছে। এই মহাকাশযানে অবস্থিত কোন পাত্রের তরলে একটি বস্তু নিমজ্জিত অবস্থায় রাখা হইলে ঐ বস্তু এবং তরল—ইহাদের উভয়ের ওজনই শূন্য হইবে। তরলের ওজন শূন্য বলিয়া বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল প্লবতার মানও শূন্য হইবে। এই সময় তরলে নিমজ্জিত বস্তুটির ভাসিয়া 'উপরে' উঠিবার প্রবণতাও থাকিবে না, ডুবিয়া 'নিচে' নামিয়া যাইবার প্রবণতাও থাকিবে না। প্রকৃতপক্ষে ভারশূন্য অবস্থায় 'উপর' এবং 'নিচ' দিকের পার্থক্যই লোপ পায়। কাজেই, এক্ষেত্রে আর্কিমিডিসের সূত্রটি প্রযোজ্য হয় না।

239. আমরা জানি যে, অবাধে পতনশীল বস্তুর ওজন থাকে না। তরল বা গ্যাসীয় পদার্থে নিমজ্জিত কোন বস্তু যখন উক্ত তরল বা গ্যাসীয় পদার্থসহ অভিকর্ষ বলের প্রভাবে অবাধে g ত্বরণ (অভিকর্ষজ ত্বরণ) লইয়া নিচে নামিতে থাকে তখন বস্তুর ওজন এবং তরল বা গ্যাসীয় পদার্থের ওজন উভয়েই শূন্য হয়। বস্তুটি যে-তরলের বা গ্যাসীয় পদার্থে নিমজ্জিত তাহার ওজন শূন্য বলিয়া বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল প্লবতার মানও শূন্য। বস্তুর ওজন এবং উহার উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা—উহাদের উভয়ের মান শূন্য বলিয়া এক্ষেত্রে আর্কিমিডিসের সূত্রটি প্রযোজ্য হইবে না।

240. জলপূর্ণ পাত্রটিতে একটি লৌহখণ্ডকে ডুবাইয়া দিলে জল ঐ লৌহখণ্ডটির উপর ঊর্ধ্বাভিমুখী বল (প্লবতা) প্রয়োগ করিবে। এই বলের প্রতিক্রিয়া রূপে লৌহখণ্ডটিও জলের উপর নিম্নাভিমুখী বল প্রয়োগ করে। এই নিম্নাভিমুখী বল জল-পাত্রের ভূমিতে ক্রিয়া করে। ইহার ফলে স্প্রিং-তুলার পাঠ বৃদ্ধি পাইবে। স্প্রিং-তুলার পাঠের বৃদ্ধি নিমজ্জিত লৌহখণ্ডের উপর ক্রিয়াশীল প্লবতার সমান।

241. মাছটিকে হাত হইতে বালতির জলে স্থানান্তরিত করিলে মাছটির উপর জলের প্লবতা ক্রিয়া করিবে। ইহাতে মাছটির আপাত ওজন হ্রাস পাইলেও বালক-কর্তৃক বাহিত মোট ওজন হ্রাস পায় না। ইহার কারণ এই যে, মাছের উপর জল যে-ঊর্ধ্বাভিমুখী বল প্রয়োগ করে মাছটিও জলের উপর উহার সমান নিম্নাভিমুখী বল প্রয়োগ করে। কাজেই, জলের প্লবতার ক্রিয়ায় মাছের ওজনের যে-আপাত-হ্রাস ঘটে মাছ-কর্তৃক প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী বলের ক্রিয়ায় জলের ওজনের ঠিক ততটা আপাত-বৃদ্ধি ঘটে। মাছের ওজনের আপাত-হ্রাস এবং জলের ওজনের আপাত-বৃদ্ধি পরস্পর সমান বলিয়া মাছটিকে হাত হইতে জলে স্থানান্তরিত করিলে বালক-কর্তৃক বাহিত মোট ওজনের কোনরূপ তারতম্য ঘটে না।

242. ব্যারোমিটার-নলের পারদস্তম্ভের উপরে বায়ু আবদ্ধ আছে কিনা নিম্নের পরীক্ষার সাহায্যে তাহা নির্ধারণ করা যায়।

ব্যারোমিটার-নলের খোলামুখটি পারদপাত্রের পারদের উপরিতলের নিচে রাখিয়া নলটিকে ধীরে ধীরে কাত করা হইল। যদি দেখা যায় যে, নলের সকল অবস্থানে পারদস্তম্ভের উল্লম্ব উচ্চতা (vertical height) সমান রহিয়াছে এবং নলটিকে যথেষ্ট পরিমাণে কাত করিলে যদি দেখা যায় যে, নলটি সম্পূর্ণভাবে পারদ দ্বারা পূর্ণ হইয়াছে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, ব্যারোমিটার নলে কোন বায়ু আবদ্ধ নাই। পারদস্তম্ভের উপরে বায়ু আবদ্ধ থাকিলে এইরূপ হইবে না। এক্ষেত্রে, ব্যারোমিটার-নলটি কাত করিলে পারদস্তম্ভের উল্লম্ব উচ্চতা কমিয়া যাইবে। তাছাড়া নলটিকে যথেষ্ট পরিমাণে কাত করিয়া ধরিলেও উহা পারদ দ্বারা সম্পূর্ণভাবে পূর্ণ হইবে না।

243. ব্যারোমিটার-নল সরু না হইলে, বায়ুমণ্ডলীয় চাপ যে-উচ্চতার পারদস্তম্ভ ধারণ করিতে সক্ষম তাহা ব্যারোমিটার-নলের ব্যাসের উপর নির্ভরশীল নয়।

মনে করি, ব্যারোমিটার-নলের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $= \alpha$

এবং পারদস্তম্ভের উচ্চতা $= h$

কাজেই, নলের পারদস্তম্ভের ওজন $= \alpha h \rho g$, এখানে $\rho =$ পারদের ঘনত্ব এবং $g =$ অভিকর্ষজ ত্বরণ।

বায়ুমণ্ডল-কর্তৃক প্রযুক্ত এই পারদস্তম্ভকে ধরিয়া রাখিয়াছে বলিয়া লেখা যায়,

ব্যারোমিটার-নলের পারদস্তম্ভের ওজন $= \alpha \times$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

$$\therefore \quad \alpha \rho h g = \alpha \times \text{বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}$$

সুতরাং ব্যারোমিটারে পারদের উচ্চতা, $h = \dfrac{\text{বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}}{\rho g}$

ইহা ব্যারোমিটার-নলের ব্যাস α-এর উপর নির্ভরশীল নয়। কাজেই, খুব সরু না হইলে ব্যারোমিটার-নল হিসাবে যে-কোন ব্যাসের নল ব্যবহার করা যায়।

নল খুব সরু হইলে পারদের পৃষ্ঠটানের ফলে কৈশিক ক্রিয়া (capillary action) দেখা যায়। ইহাতে ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতা প্রভাবিত হয়। কাজেই, ব্যারোমিটার-নল খুব সূক্ষ্ম হইলে চলিবে না। নল খুব সরু না হইলে কৈশিক ক্রিয়ার ফলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা-হ্রাস উপেক্ষণীয় হয়।

244. বায়ুমণ্ডলের চাপ ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতার দ্বারা প্রকাশ করা হয়। পারদস্তম্ভ-কর্তৃক প্রযুক্ত চাপ পারদের ঘনত্বের উপর নির্ভরশীল। উষ্ণতা পরিবর্তিত হইলে পারদের ঘনত্বও পরিবর্তিত হয়। ইহাতে ব্যারোমিটারের পাঠও বদলায়। কাজেই সঠিক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ জানিতে হইলে উষ্ণতাজনিত ত্রুটি সংশোধন করিয়া লইতে হয়। এইজন্য, ব্যারোমিটারের পাঠ লইবার সময় উষ্ণতার পাঠও লওয়া প্রয়োজন। এই উদ্দেশ্যে ব্যারোমিটারের সহিত একটি থার্মোমিটার লাগান থাকে।

245. ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের সাহায্যে বায়ুমণ্ডলের চাপের সঠিক মান নির্ণয় করা যায়। প্রথমে নলের পারদস্তম্ভের উচ্চতা এবং উহার উপরের বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য মাপা হইল। মনে করি, এই উচ্চতা এবং দৈর্ঘ্য যথাক্রমে h_1 এবং l_1 (চিত্র 172 a)। ইহার পর নলের খোলামুখটি পারদপাত্রের পারদের উপরিতলের

নিচে নিমজ্জিত রাখিয়া নলটিকে কিছুটা উপরে তোলা বা নিচে নামান হইল। ইহাতে নলের পারদস্তম্ভের উচ্চতা এবং বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য—উ ভ য়ে র মানই বদলাইবে। মনে করি, এক্ষেত্রে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা এবং বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে h_2 এবং l_2 (চিত্র 172 b)।

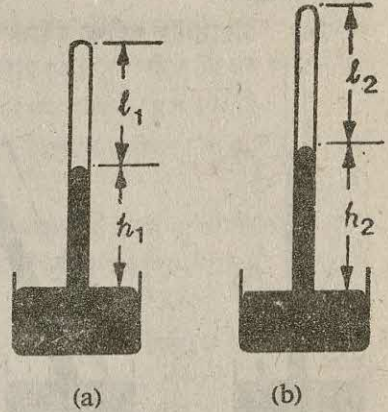
নির্ভুল পারদ ব্যারোমিটারের পাঠ H হইলে এবং পরীক্ষাধীন ব্যারো-মিটারটির নলের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল α হইলে, বয়েল-এর সূত্রানুসারে লেখা যায়,

(a) (b)

চিত্র 172

$$(H-h_1)l_1\alpha=(H-h_2)l_2\alpha$$

বা, $$(H-h_1)l_1=(H-h_2)l_2$$

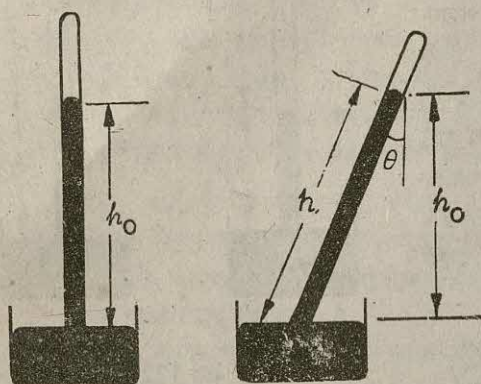
বা, $$H=\frac{l_1h_1-l_2h_2}{l_2-l_1}$$

সুতরাং, l_1, l_2, h_1 এবং h_2-এর মান মাপিয়া নির্ভুল ব্যারোমিটারের পাঠ (অর্থাৎ, বায়ুমণ্ডলীর চাপের প্রকৃত মান) নির্ধারণ করা যায়।

246. 25 ইঞ্চি দীর্ঘ একটি পারদপূর্ণ নলকে কোন পারদ-পাত্রের উপর উপুড় করিয়া ধরিলে নলের পারদ পাত্রে নামিয়া আসিবে না, বায়ুমণ্ডলের চাপে ঐ পারদস্তম্ভ নলের মধ্যেই বিধৃত থাকিবে। বায়ুমণ্ডল পাত্রের উপর যে-নিম্নাভিমুখী চাপ প্রয়োগ করে সেই চাপ পাস্কালের সূত্রানুসারে পারদের মধ্য দিয়া সর্বদিকে সঞ্চালিত হয়। এই চাপ প্রায় 30 ইঞ্চি পারদস্তম্ভের চাপের সমান। নলে আবদ্ধ পারদস্তম্ভের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা কম বলিয়া ঐ চাপে নলের পারদস্তম্ভ অনায়াসে ধৃত হইবে। ইহা ছাড়া নলের বদ্ধ প্রান্তে ভিতরের দিকে প্রায় 5 ইঞ্চি পারদস্তম্ভের চাপের সমান ঊর্ধ্বমুখী চাপ ক্রিয়া করিবে।

247. নলটি যদি খুব সরু হয় তাহা হইলে ইহার এক প্রান্ত জলে ডুবাইলে কৈশিক ক্রিয়ার ফলে নলের মধ্যে কিছুটা জল উঠিবে, ফলে নলের বাহিরে এবং ভিতরে জলের মুক্ততল একই লেভেলে থাকিবে না। নলের মধ্যবর্তী মুক্ততলটি অবতল হইবে। কিন্তু নলটি খুব সরু না হইলে কৈশিক ক্রিয়া উপেক্ষণীয় হইবে। এই অবস্থায় নলের বাহিরের এবং ভিতরের জলের মুক্ততল একই লেভেলে থাকিবে।

এই অবস্থায় আঙুল দ্বারা নলের উপরের প্রান্তটি বন্ধ করিয়া দিলে নলের মধ্যে বায়ুমণ্ডলীয় চাপে কিছুটা বায়ু আবদ্ধ হইবে। এইভাবে বন্ধ রাখিয়া নলটিকে জলের বাহিরে আনিলে নল হইতে কিছুটা জল বাহির হইয়া আসিবে। ইহাতে আবদ্ধ বায়ুর চাপ কিছুটা হ্রাস পাইবে। ইহার ফলে বায়ুমণ্ডলের চাপ আবদ্ধ বায়ু অপেক্ষা

বেশি হইবে। আবদ্ধ বায়ুর চাপ এবং বায়ুমণ্ডলীয় চাপের ব্যবধান নলের জলস্তম্ভকে ধরিয়া রাখিবে।

248. টরিসেলীর পরীক্ষা হইতে আমরা জানি যে, কোন ব্যারোমিটার নলকে উল্লম্ব রেখার সহিত কাত করিয়া ধরিলে পারদপাত্র হইতে আরও কিছুটা পারদ নলে প্রবেশ করে যাহাতে নলের মধ্যবর্তী পারদ-স্তম্ভের উল্লম্ব উচ্চতা (h_0) অপরিবর্তিত থাকে (চিত্র 173)। ইহার ফলে ব্যারোমিটার নলের মধ্যবর্তী পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য বাড়ে। মনে করি, এই দৈর্ঘ্যের মান h। উল্লম্ব উচ্চতা উভয় ক্ষেত্রে সমান বলিয়া লেখা যায় যে, $h_0 = h\cos\theta$

চিত্র 173

$$\text{বা, } h = \frac{h_0}{\cos\theta} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

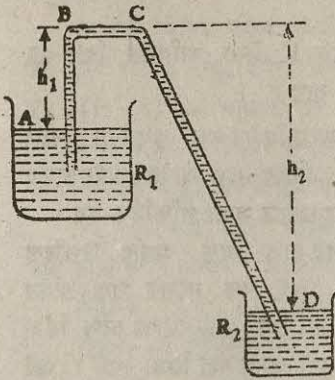
এখানে θ হইল উল্লম্বতলের সহিত ব্যারোমিটার নলের অক্ষের নতি। এখানে, $\cos\theta > 1$ বলিয়া $h < h_0$ হইবে [সমীকরণ (i) হইতে]।

অর্থাৎ, ব্যারোমিটার নল যদি উল্লম্ব না হয় তাহা হইলে ব্যারোমিটারের পাঠ প্রকৃত পাঠ অপেক্ষা বেশি হইবে।

249. ব্যারোমিটার নলের পারদস্তম্ভের উপরে জল থাকিলে টরিসেলীর শূন্য-স্থানটি জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হইবে। এই জলীয় বাষ্পের চাপে ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভ কিছুটা নামিয়া যাইবে। ফলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা নির্ভুল ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতা অপেক্ষা কিছুটা কম হইবে। উচ্চতা বাড়িলে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বাড়ে, কাজেই উচ্চতা যত বৃদ্ধি পাইবে ব্যারোমিটারের পাঠ তত কম হইবে।

250. এক্ষেত্রে টরিসেলীর পরীক্ষাটি সফল হইবে না। নিম্নে ইহার কারণ ব্যাখ্যা করা হইল।

জল অপেক্ষা পারদের ঘনত্ব অনেক বেশি। এখন, জল ও পারদপূর্ণ নল দ্বারা গঠিত সংস্থার ভারকেন্দ্র সর্বনিম্ন অবস্থানে আসিলে আলোচ্য সংস্থার সাম্য সুস্থির হইবে। পারদ যত নিচে থাকিবে ভারকেন্দ্রের অবস্থানও তত নিচে আসিবে। সুতরাং পারদপূর্ণ নলটির খোলা মুখটিকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া দিয়া নলটিকে খাড়াভাবে রাখিলে উহা হইতে পারদ বাহির হইয়া নিচে চলিয়া আসিবে এবং পাত্রের জল নলের মধ্যে প্রবেশ করিবে। ইহাতে আলোচ্য সংস্থার স্থিতিশক্তি সর্বনিম্ন হইবে।

251. বায়ুমণ্ডলীয় চাপ (P) পরিবর্তিত হইলে ঐ পরিবর্তিত চাপ সাইফনের উভয় পার্শ্বের পাত্রের তরলের উপর ক্রিয়া করে বলিয়া BC নলের দুই পার্শ্বের চাপের পার্থক্যের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। নিম্নে ইহা দেখান হইল (চিত্র 174)।

চিত্র 174

B বিন্দুতে তরলের চাপ $= P - h_1\rho g$ ... (i)

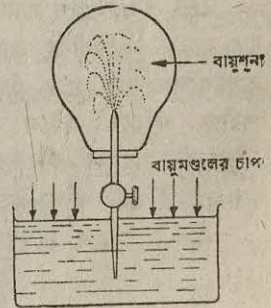
ρ = তরলের ঘনত্ব, g = অভিকর্ষজ ত্বরণ

C বিন্দুতে তরলের চাপ $= P - h_2\rho g$ ... (ii)

$\therefore$ B এবং C বিন্দুতে তরলের চাপের পার্থক্য $=(P_A - P_B)$

$$=(P - h_1\rho g)-(\rho - h_2\rho g)=(h_2 - h_1)\rho g$$

ইহার মান বায়ুমণ্ডলীয় চাপ P-এর উপর নির্ভরশীল নয় বলিয়া বায়ুমণ্ডলীয় চাপ পরিবর্তিত হইলেও সাইফনের মধ্য দিয়া তরল-প্রবাহের হারের কোন পরিবর্তন হয় না।

252. পাত্রের জলের উপরিতলে বায়ুমণ্ডলের চাপ ক্রিয়া করে (চিত্র 175)। এই চাপ তরলের মধ্য দিয়া সর্বদিকে সঞ্চালিত হয়। বাল্‌বের সহিত যুক্ত নলটির যে-মুখ জলে নিমজ্জিত রহিয়াছে, সেই মুখে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ঊর্ধ্বমুখে ক্রিয়া করে এবং পাত্রের জলকে বাল্‌বের মধ্যে টানিয়া তুলিতে চাহে। বাল্‌ব বায়ুশূন্য হইলে উহাতে বাহিরের বায়ুমণ্ডলীয় চাপকে প্রতিমিত করিবার মত কোন চাপ থাকে না। ফলে বায়ুমণ্ডলীয় চাপের ক্রিয়ায় পাত্র হইতে বাল্‌বের মধ্যে ফোয়ারার আকারে জল প্রবেশ করিতে থাকে।

চিত্র 175

253. 130 নং চিত্রে স্প্রিংটিকে টান-খাওয়া অবস্থায় অঙ্কিত হইয়াছে। A অংশটি বায়ুশূন্য এবং B অংশটি বায়ুমণ্ডলে উন্মুক্ত বলিয়া স্প্রিংটির উপর একটি টান (tension) ক্রিয়া করে। এই টান পিস্টনের উপর বায়ুমণ্ডল-কর্তৃক প্রযুক্ত ঘাত (thrust)-এর সমান। মনে করি, বায়ুমণ্ডলের চাপ=P এবং পিস্টনের ক্ষেত্রফল=α কাজেই, স্প্রিং-এর উপর প্রযুক্ত বল=বায়ুমণ্ডলের চাপ (P)×পিস্টনের ক্ষেত্রফল=(α)

মনে করি, টান-খাওয়া অবস্থায় স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য $=l'$

স্বাভাবিক অবস্থায় স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্য $=l$

কাজেই, প্রযুক্ত বলের প্রভাবে স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি $=(l'-l)$

সুতরাং প্রযুক্ত বল=বল ধ্রুবক (K)×দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি

$$\text{বা, } P\alpha = K(l' - l) \quad \text{বা, } P = K\frac{(l' - l)}{\alpha}$$

কাজেই পিস্টনের ক্ষেত্রফল α, স্প্রিং-এর বল ধ্রুবক K জানা থাকিলে স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি মাপিয়া বায়ুমণ্ডলীয় চাপের মান নির্ণয় করা যায়।

254. একটি তুলাপাত্রের হুক হইতে একটি ব্যারোমিটার-নল ঝুলাইয়া দিলে অপর তুলাপাত্রে কাচের নলের ওজন এবং ব্যারোমিটার-নলে আবদ্ধ পারদস্তম্ভের ওজনের সমান ওজনবিশিষ্ট বাটখারা স্থাপন করিলে তুলাযন্ত্রে সাম্য প্রতিষ্ঠিত হয়।

প্রকৃতপক্ষে, নলের উপরের বদ্ধ প্রান্তে বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়ে, অর্থাৎ উপরিস্থ বায়ুস্তম্ভ নলের উপর নিম্নাভিমুখী বল প্রয়োগ করে। এই বল নলের পারদস্তম্ভের ওজনের সমান। কিন্তু নলের অভ্যন্তর হইতে ইহার বদ্ধমুখে বায়ুমণ্ডলের চাপ ক্রিয়া করে না। ইহার ফলে নলের উপর একটি নিম্নাভিমুখী অসম বল ক্রিয়া করে। এই অসম বল নলে আবদ্ধ পারদস্তম্ভের ওজনের সমান। লক্ষণীয় যে, কাচের নলের বেধ বিবেচনা করিবার প্রয়োজন নাই, কেননা, নলের আংটার আকারের প্রস্থচ্ছেদের উপরে নিচ হইতেও বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ক্রিয়া করে।

[নলের যে-অংশ পারদপাত্রে নিমজ্জিত রহিয়াছে উহার উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা উপেক্ষা করা হইয়াছে।]

255. মঙ্গলগ্রহে সামান্য লঘু বাতাস রহিয়াছে, অর্থাৎ, মঙ্গলগ্রহে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ কম। পৃথিবীতে স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ 76 cmHg, আর মঙ্গলগ্রহে বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রায় 6·5 cmHg। পৃথিবীতে পারদের সাহায্যে টরিসেলীর পরীক্ষা করিতে হইলে সাধারণত 1 মিটার লম্বা নল লইতে হয়। মঙ্গলগ্রহে টরিসেলীর পরীক্ষা করিবার জন্য এত বড় নলের প্রয়োজন নাই, মাত্র 10 cm লম্বা নল লইয়াই এই পরীক্ষা করা যাইবে।

256. ছিদ্রের মুখের ছিপির দুই পার্শ্বের চাপ কত তাহা বিচার করা যাক। নলের ভিতরের দিকে ছিপির উপর ক্রিয়াশীল চাপ নলের পারদের উপরিতল হইতে ছিপি পর্যন্ত বিস্তৃত পারদস্তম্ভের চাপের সমান। কিন্তু নলের বাহিরে ছিপির উপর ক্রিয়াশীল চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান (চিত্র 176)। কাজেই ছিদ্রের বাহিরের দিকের চাপ উহার ভিতরের দিকের চাপ অপেক্ষা বেশি। ফলে ছিপি খুলিলে নলের পারদ বাহিরে আসিবে না। বাহিরের দিকের চাপ বেশি বলিয়া বাহির হইতে নলের মধ্যে বায়ু প্রবেশ করিবে এবং নলের পারদস্তম্ভকে ঠেলিয়া নামাইবে।

চিত্র 176

257. মনে করি, ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতা = H cm

পরীক্ষাধীন নলটির প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল = α cm^2, পারদসূত্রটির দৈর্ঘ্য = h cm

ধরি, যখন নলটির খোলা মুখ নিচের দিকে (চিত্র 177 a) তখন নলে আবদ্ধ বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য $= l_1$ cm।

কাজেই, আবদ্ধ বায়ুর আয়তন, $V_1 = l_1 \alpha$ c.c.
এই সময় আবদ্ধ বায়ুর উপর ক্রিয়াশীল চাপ,
$P_1 = (H - h)$ cm পারদস্তম্ভের চাপ।

যখন নলের খোলামুখ উপরের দিকে (চিত্র 177 b), তখন আবদ্ধ বায়ুর উপর ক্রিয়াশীল চাপ,

$P_2 = (H + h)$ cm পারদস্তম্ভের চাপ। ধরি, এই সময় নলে আবদ্ধ বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য $= l_2$ cm।

কাজেই, আবদ্ধ বায়ুর আয়তন, $V_2 = l_2 \alpha$ c.c.

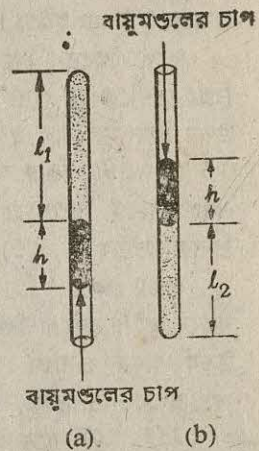
বয়েল-এর সূত্রানুসারে লেখা যায়, $P_1 V_1 = P_2 V_2$

বা, $(H - h) l_1 \alpha = (H + h) l_2 \alpha$

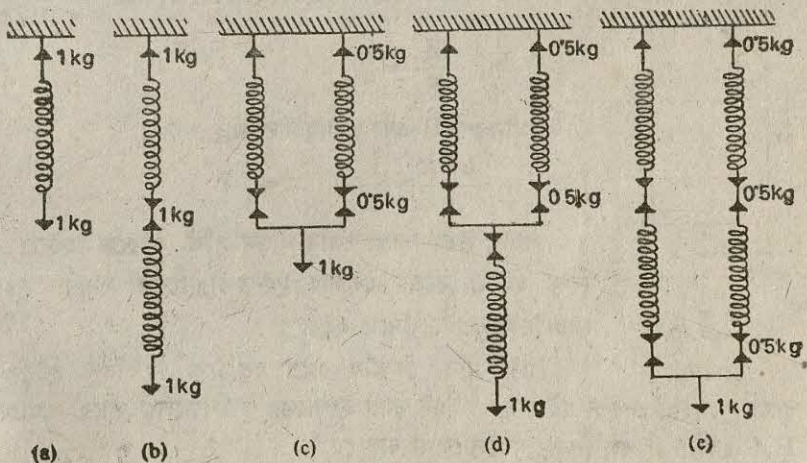
বা, $\dfrac{H-h}{H+h} = \dfrac{l_2}{l_1}$ বা, $H = \dfrac{l_1 + l_2}{l_1 - l_2} . h$

বায়ুমণ্ডলের চাপ

বায়ুমণ্ডলের চাপ

(a) (b)

চিত্র 177

কাজেই, পরীক্ষার সাহায্যে l_1 এবং l_2-এর মান নির্ণয় করিয়া এবং পারদসূত্রের দৈর্ঘ্য (h) মাপিয়া বায়ুমণ্ডলীয় চাপের মান নির্ধারণ করা যায়।

258. প্রথম ক্ষেত্রে স্প্রিং-এর উপর ক্রিয়াশীল টান 1 kg-wt। ইহার প্রভাবে স্প্রিং-এর 1 cm দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি ঘটে। এখন, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে (চিত্র 178 b) উভয় স্প্রিং-এর উপর ক্রিয়াশীল টানই 1 kg-wt। ইহাদের উভয়ের প্রসারণ 1 cm বলিয়া দুইটি স্প্রিং-এর শ্রেণী সমবায়টির মোট প্রসারণ 2 cm।

চিত্র 178

তৃতীয় ক্ষেত্রে (চিত্র 178 c)স্প্রিং দুইটি সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত রহিয়াছে ;

ইহাদের নিম্নবর্তী সাধারণ প্রান্ত (common end) হইতে 1 kg-wt ভার ঝুলাইয়া দিলে উভয় স্প্রিং-এ ক্রিয়াশীল টান-এর মান (0·5 kg-wt)। এক্ষেত্রে উভয় স্প্রিং-এর প্রসারণই 0·5 cm হইবে। কাজেই, দুইটি স্প্রিং-এর এই সমান্তরাল সমবায়ের প্রসারণ 0·5 cm হইবে।

চতুর্থ ক্ষেত্রে (চিত্র 178 d) দুইটি স্প্রিং-এর সমান্তরাল সমবায়ের সহিত একটি স্প্রিং শ্রেণীতে যুক্ত আছে। এই সংস্থায় 1 kg-wt ভার চাপাইলে নিচের স্প্রিংটির উপর ক্রিয়াশীল টান হইবে 1 kg-wt এবং উপরের স্প্রিং দুইটির প্রতিটিতে 0·5 kg-wt টান ক্রিয়া করিবে। ইহার ফলে নিচের স্প্রিংটির প্রসারণ হইবে 1 cm এবং উপরের স্প্রিংদ্বয়ের প্রসারণ হইবে 0·5 cm। সুতরাং, এই সংস্থার মোট প্রসারণ হইবে (1+0·5) বা 1·5 cm।

পঞ্চম ক্ষেত্রে (চিত্র 178 e) উভয় বাহুতে ক্রিয়াশীল টান 0·5 kg-wt। উভয় বাহুতে দুইটি করিয়া স্প্রিং রহিয়াছে। ইহাদের প্রতিটির প্রসারণ 0·5 cm। কাজেই, উভয় বাহুর প্রসারণ 1 cm। বাহুদ্বয় পরস্পর সমান্তরালভাবে যুক্ত বলিয়া আলোচ্য সংস্থার মোট প্রসারণও 1 cm হইবে।

259. (i) মনে করি, W ভারটিকে ইস্পাতের তারের নিম্নপ্রান্ত A হইতে x দূরত্বে ঝুলাইয়া দেওয়া হইয়াছে (চিত্র 179)। এই অবস্থায় ইস্পাতের তারে F_1 বল এবং পিতলের তারে F_2 বল ক্রিয়া করিলে লেখা যায়,

$$F_1 \times x = F_2 \times (L - x)$$

$$\text{বা,} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{L-x}{x} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এখন, ইস্পাতের তারের পীড়নের $= F_1/\alpha$ এবং পিতলের তারের পীড়ন $= F_2/2\alpha$

চিত্র 179

উভয় তারের পীড়ন সমান হইলে লেখা যায়, $\frac{F_1}{\alpha} = \frac{F_2}{2\alpha}$

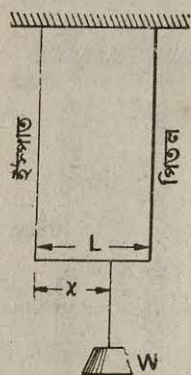
$$\text{বা,} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{1}{2} \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$\frac{L-x}{x} = \frac{1}{2} \quad \text{বা,} \quad x = \frac{2}{3}L$$

অর্থাৎ, উভয় তারে সমান পীড়ন সৃষ্টি করিতে হইলে A বিন্দু হইতে দণ্ডের দৈর্ঘ্যের দুই-তৃতীয়াংশের সমান দূরত্বে ভারটিকে ঝুলাইয়া দিতে হইবে।

(ii) ধরি, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বস্তুটিকে A বিন্দু হইতে y দূরত্বে ঝুলাইয়া দেওয়া হইয়াছে। এই সময় ইস্পাতের ও পিতলের তারে যথাক্রমে F_1' এবং F_2' বল ক্রিয়া করিলে লেখা যায় যে,

$$F_1' \times y = F_2' \times (L-y) \quad \text{বা,} \quad \frac{F_1'}{F_2'} = \frac{L-y}{y} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

ইস্পাতের তারের বিকৃতি (strain)=পীড়ন/ইয়ং গুণাঙ্ক

$$=\frac{F_1}{\alpha(2Y)},\ Y=\text{পিতলের ইয়ং গুণাঙ্ক}$$

[যেহেতু, ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক পিতলের ইয়ং গুণাঙ্কের দ্বিগুণ]

অনুরূপভাবে, পিতলের তারের বিকৃতি $=\frac{F_2'}{(2\alpha)Y}$

উভয় তারের বিকৃতি সমান হইলে লেখা যায়,

$$\frac{F_1'}{2\alpha Y}=\frac{F_2'}{2\alpha Y} \quad \text{বা, } F_1'=F_2' \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

সমীকরণ (iii) এবং (iv) হইতে পাই, $y=\frac{L}{2}$

অর্থাৎ, এক্ষেত্রে ভারটিকে অনুভূমিক দণ্ডটির মধ্যবিন্দু হইতে ঝুলাইয়া দিতে হইবে।

অনুরূপ প্রশ্ন : 200 cm দীর্ঘ একটি হাল্কা দণ্ডের দুই প্রান্ত দুইটি সমান দৈর্ঘ্যের তারের সাহায্যে বাঁধিয়া উহাকে অনুভূমিকভাবে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। তার দুইটির মধ্যে একটি ইস্পাতের তৈয়ারী, ইহার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 0·1 বর্গ সেণ্টিমিটার এবং অপরটি পিতলের তৈয়ারী, ইহার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 0·2 বর্গ সেণ্টিমিটার। একটি ভারকে দণ্ডটির কোন্ স্থানে ঝুলাইয়া দিলে (i) উভয় তারের পীড়ন সমান হইবে, (ii) উভয় তারের বিকৃতি সমান হইবে। ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক $=20\times10^{11}$ dyn/cm^2 এবং পিতলের ইয়ং গুণাঙ্ক $=10\times10^{11}$ dyn/cm^2।

[A light rod of length 200 cm is suspended from the ceiling horizontally by means of two vertical wires of equal length tied to its ends. One of the wires is made of steel and is of cross-section 0·1 sq. cm and the other is of brass of cross-section 0·2 sq. cm. Find out the position along the rod at which weight may be hung to produce (i) equal stresses in both wires, (ii) equal strains in both wires. Young's modulus of steel $=20\times10^{11}$ dyn/cm^2 and that of brass $=10\times10^{11}$ dyn/cm^2.] (I. I. T. Adm. Test, 1974)

260. তুলাপাত্রের উপর কোন ভার চাপাইলে স্প্রিংটির প্রসারণ ঘটে। যখন ভারটি স্থির অবস্থায় আছে তখন প্রসারিত স্প্রিং-এর স্থিতিস্থাপকতাজনিত বল তুলাপাত্রের এবং উহার উপর স্থাপিত বস্তুটির ওজনকে প্রতিমিত করে এবং ভারসমেত তুলাপাত্রটি সাম্যাবস্থায় থাকে। এই অবস্থায় স্প্রিংটির উপর নিম্নাভিমুখী বল প্রয়োগ করিয়া উহাকে সামান্য প্রসারিত করিবার পর ছাড়িয়া দিলে স্প্রিংটি আন্দোলিত হইতে থাকিবে। এই আন্দোলনের সময় তুলাপাত্রের সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন অবস্থান উপরি-উক্ত সাম্যাবস্থানের সাপেক্ষে প্রতিসম (symmetrical) হয়। যখন তুলাপাত্রটি

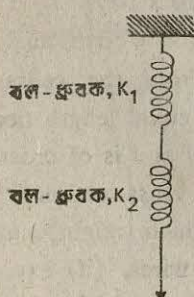
উহার সর্বোচ্চ অবস্থানে রহিয়াছে তখন স্প্রিংটির প্রসারণ সর্বাপেক্ষা কম। সর্বোচ্চ অবস্থানে উঠিবার পর ভারসমেত তুলাপাত্রটি পুনরায় নিচে নামিতে থাকে। ঐ মুহূর্তে ভারসমেত তুলাপাত্রটি যদি অভিকর্ষ ত্বরণে নিচে নামিতে থাকে তাহা হইলে ভারটি ঐ তুলাপাত্রের উপর কোন চাপ দিবে না, কেননা আমরা জানি যে, অবাধে পতনশীল বস্তু কার্যত 'ওজনহীন' (weightless)। এখন, তুলাপাত্রের সর্বোচ্চ অবস্থানে ভারসমেত তুলাপাত্রের নিম্নাভিমুখী ত্বরণ অভিকর্ষজ ত্বরণ g-এর সমান হইতে হইলে ঐ সময় স্প্রিং-এর প্রসারণ শূন্য হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু আমরা জানি যে, তুলাপাত্রের সর্বোচ্চ অবস্থান এবং সর্বনিম্ন অবস্থান ভারসমেত তুলাপাত্রটি সাম্যাবস্থানের সহিত প্রতিসম। কাজেই, ভারসমেত তুলাপাত্রটির ওজন স্প্রিংটিকে যতটা প্রসারিত করিয়া সাম্যাবস্থায় আনিয়াছে তুলাপাত্রটিকে নিচের দিকে টানিয়া স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য আরও ততটা প্রসারিত করিলে সর্বোচ্চ অবস্থানে স্প্রিং-এর প্রসারণ শূন্য হইবে।

কাজেই, সাম্যাবস্থানে তুলাপাত্রটির উপর ভারসমেত তুলাপাত্রটির ওজনের সমান নিম্নাভিমুখী বল প্রয়োগ করিয়া ছাড়িয়া দিলে সর্বোচ্চ অবস্থানে ভারটি তুলাপাত্রের উপর কোন চাপ প্রয়োগ করে না।

261. মনে করি, যুগ্ম-স্প্রিংটির নিম্নপ্রান্তে F মানের একটি টান প্রয়োগ করা হইল (চিত্র 180)। ইহাতে K_1 বল ধ্রুবকবিশিষ্ট স্প্রিংটির দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি হইল x_1 এবং K_2 বল ধ্রুবকবিশিষ্ট স্প্রিংটির দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি হইল x_2। কাজেই, বল ধ্রুবকের সংজ্ঞানুসারে লেখা যায়, $F=K_1x_1=K_2x_2$

বল-ধ্রুবক, K_1

বল-ধ্রুবক, K_2

চিত্র 180

$$\text{বা,}\quad F=\frac{x_1}{\frac{1}{K_1}}=\frac{x_2}{\frac{1}{K_2}}\quad \text{বা,}\quad F=\frac{x_1+x_2}{\frac{1}{K_1}+\frac{1}{K_2}}$$

$$\left[\text{যেহেতু, } \frac{a}{b}=\frac{c}{d}=\frac{a+c}{b+d}\right] \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এখন যুগ্ম-স্প্রিংটির মোট দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি (x_1+x_2)।

কাজেই, যুগ্ম-স্প্রিংটিই বল ধ্রুবক K হইলে লেখা যায়,

$$F=K(x_1+x_2)=\frac{x_1+x_2}{(1/k)} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$\frac{x_1+x_2}{\frac{1}{K}}=\frac{x_1+x_2}{\frac{1}{K_1}+\frac{1}{K_2}}$$

$$\text{বা,}\quad \frac{1}{K}=\frac{1}{K_1}+\frac{1}{K_2}\quad \text{বা,}\ K=\frac{K_1K_2}{K_1+K_2}$$

ইহাই গঠিত যুগ্ম-স্প্রিং-এর কার্যকর বল ধ্রুবক।

262. উপরের ফলকটির চাপে স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য কিছুটা সঙ্কুচিত হইবে। এই দৈর্ঘ্য-সঙ্কোচন ξ_1 হইলে লেখা যায়, $\xi_1 = \frac{m_1 g}{k}$ ... (i)

স্প্রিংটির প্রসারণের ফলে নিচের ফলকটিকে ভূমি হইতে উপরে তুলিতে হইলে ইহার প্রসারণের মান $\xi_2 = \frac{m_2 g}{k}$ অপেক্ষা বেশি হওয়া প্রয়োজন।

সুতরাং, উপরের ফলকটিকে এমন বল প্রয়োগ করিয়া সংনমিত করিতে হইবে যাহাতে ঐ বল অপসারিত করিলে ফলকটি উহার স্বাভাবিক অবস্থান হইতে $(\xi_1 + \xi_2)$ বা, $\frac{(m_1+m_2)\,g}{k}$ অপেক্ষা উচ্চতা লাফাইয়া উঠে।

কিন্তু, নিম্নাভিমুখী বল প্রয়োগ করিয়া উপরের ফলকটিকে উহার স্বাভাবিক অবস্থান হইতে যতটা নিচে নামান যায়, ঐ বল অপসারিত করিলে ফলকটি স্বাভাবিক অবস্থান হইতে ঠিক ততটাই লাফাইয়া উঠিতে পারে। সুতরাং, উপরের ফলকটির উপর $k(\xi_1+\xi_2)$ বা, $(m_1+m_2)\,g$ অপেক্ষা বেশি বল প্রয়োগ করিয়া স্প্রিংটিকে সংনমিত করিলে ঐ বল অপসারিত হইবার পর উপরের ফলকটি লাফাইয়া উঠিবার সময় নিচের ব্লকটিকেও ভূমি হইতে তুলিতে পারে।

263. মনে করি, m ভরবিশিষ্ট বস্তুকে ন্যূনতম h উচ্চতায় তুলিয়া ছাড়িয়া দিলে সুতাটি ছিঁড়িয়া যাইবে। m ভরবিশিষ্ট কোন বস্তু h উচ্চতা হইতে পড়িয়া যে-গতিশক্তি লাভ করে তাহা বস্তুটির অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তির হ্রাস mgh-এর সমান। এই গতিশক্তিই তারটির স্থিতিস্থাপক বিকৃতির সৃষ্টি করে। আমরা জানি যে, L দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট কোন তারের x দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি করিতে হইলে যে-পরিমাণ কার্য করিতে হয় উহার মান

$$W = \frac{YA}{2L}.x^2 \qquad \text{... (i)}$$

এখানে, Y=তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক, A=তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল

কাজেই, লেখা যায় যে, $\frac{YA}{2L}.x^2 = mgh$ (ii)

যখন তারটির x দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি হয় তখন ইহার উপর ক্রিয়াশীল বল F নিম্নের সমীকরণ হইতে পাওয়া যায়, $F = \frac{YA}{L}.\ x$ ... (iii)

প্রশ্নের শর্তানুসারে, $F = Mg$ হইলে $x = 0{\cdot}01\ L$; এখানে g=অভিকর্ষজ ত্বরণ। কাজেই সমীকরণ (iii) হইতে লেখা যায়,

$$Mg = \frac{YA}{L} \times 0{\cdot}01\ L \qquad \text{... (iv)}$$

আবার, $x = 0{\cdot}01$ L বলিয়া সমীকরণ (ii) হইতে লেখা যায়,

$$mgh = \frac{YA}{2L} \times (0{\cdot}01\,L)^2 \quad \cdots \quad (v)$$

সমীকরণ (iv) এবং (v) হইতে পাই, $h = \dfrac{0{\cdot}01\,ML}{2m}$

264. একই প্রস্থচ্ছেদ এবং দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট বিভিন্ন পদার্থে একটি নির্দিষ্ট বিকৃতি (strain) সৃষ্টি করিলে যে-পদার্থে যত বেশি বিরুদ্ধ প্রতিক্রিয়া-বলের সৃষ্টি হইবে সেই পদার্থ তত বেশি স্থিতিস্থাপক। এই প্রতিক্রিয়া-বল প্রযুক্ত বলের সমান বলিয়া কোন নির্দিষ্ট বিকৃতি সৃষ্টি করিতে যে-পদার্থে যত বেশি বল প্রয়োগ করিতে হয় তাহাকে তত বেশি স্থিতিস্থাপক বলা হয়। এক টুকরা রবারের ফিতাকে টানিলে উহা সহজেই দৈর্ঘ্যে বাড়িয়া যায়, কিন্তু একটি ইস্পাত দণ্ডকে টানিলে উহার দৈর্ঘ্য সহজে বাড়ে না। অর্থাৎ, কোন-নির্দিষ্ট বিকৃতি সৃষ্টি করিতে একটি রবারের সূতায় যে-বল প্রয়োগ করিতে হইবে একই প্রস্থচ্ছেদ ও দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট ইস্পাতের তারে একই বিকৃতি সৃষ্টি করিতে তদপেক্ষা অনেক বেশি মানের বল প্রয়োগ করিতে হয়। অর্থাৎ, একই বিকৃতির ক্ষেত্রে রবারের সূতা অপেক্ষা ইস্পাতের তারের পীড়নের মান অনেক বেশি।

265. মনে করি, T° উষ্ণতা-বৃদ্ধির ফলে l_1 দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট দণ্ডটির $\triangle l$ দৈর্ঘ্য-বৃদ্ধি ঘটিল। কাজেই, উচ্চতর উষ্ণতায় অপর দণ্ডটির দৈর্ঘ্য হইবে $(l_2 - \triangle l)$। T° উষ্ণতা-বৃদ্ধির ফলে l_1 দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট দণ্ডটির $\alpha_1 l_1 T$ দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি হইবার কথা, কিন্তু উহার দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি ঘটিয়াছে মাত্র $\triangle l$।

কাজেই, দণ্ডটির বিকৃতি $= \dfrac{l_1 \alpha_1 T - \triangle l}{l_1}$

অনুরূপভাবে, দ্বিতীয় দণ্ডটির বিকৃতি $= \dfrac{l_2 \alpha_2 T + \triangle l}{l_2}$

কাজেই, দণ্ড দুইটির উপর ক্রিয়াশীল তাপীয় পীড়ন যথাক্রমে

$$Y_1 \times \frac{(l_1 \alpha_1 T - \triangle l)}{l_1} \text{ এবং } Y_1 \times \frac{(l_2 \alpha_2 T + \triangle l)}{l_2}$$

কাজেই, একটি দণ্ড অপর দণ্ডের উপর যে-বল প্রয়োগ করে তাহার মান

$$F = AY_1 \times \frac{(l_1 \alpha_1 T - \triangle l)}{l_1} = AY_2 \times \frac{(l_2 \alpha_2 T + \triangle l)}{l_2} \quad \cdots \quad (i)$$

সমীকরণ (i) হইতে পাই, $\triangle l\left(\dfrac{Y_1}{l_1} + \dfrac{Y_2}{l_2}\right) = (Y_1 \alpha_1 - Y_2 \alpha_2)T$

$$\text{বা,} \quad \triangle l = \frac{(Y_1 \alpha_1 - Y_2 \alpha_2)}{\dfrac{Y_1}{l_1} + \dfrac{Y_2}{l_2}} \times T$$

(i) নং সমীকরণে $\triangle l$-এর এই মান বসাইয়া পাই,

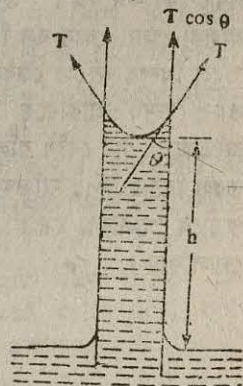
$$F=\frac{ATY_1Y_2(\alpha_1 l_1+\alpha_2 l_2)}{l_2Y_1+l_1Y_2}$$

ইহার দণ্ডদ্বয়ের উপর ক্রিয়াশীল পারস্পরিক বল।
উচ্চতর উষ্ণতায় প্রথম ও দ্বিতীয় দণ্ডের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে

$$l_1+\frac{(Y_1\alpha_1-Y_2\alpha_2)\,T}{\frac{Y_1}{l_1}+\frac{Y_2}{l_2}} \quad \text{এবং} \quad l_2-\frac{(Y_1\alpha_1-Y_2\alpha_2)\,T}{\frac{Y_1}{l_1}+\frac{Y_2}{l_2}}$$

266. কোন বস্তু যখন অভিকর্ষের প্রভাবে পৃথিবীর দিকে নামিতে থাকে তখন প্রথমে উহার গতিবেগ ক্রমশ বাড়িতে থাকে। বস্তুটির বেগ যত বাড়ে, বায়ুর সহিত বস্তুটির আপেক্ষিক বেগও তত বৃদ্ধি পায়। এই আপেক্ষিক বেগ যত বাড়ে, বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল সান্দ্রতাজনিত বিরুদ্ধ বল (viscous force)-ও তত বাড়িতে থাকে। বেগ-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে সান্দ্রতাজনিত বাধা বাড়িতে বাড়িতে এক সময় পড়ন্ত বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ-বলের বা, বস্তুটির ওজন mg-এর সমান হয়। এইরূপ হইলে বস্তুর উপর কোন অসম বলের ক্রিয়া থাকে না, ফলে ইহার গতিবেগও আর বাড়ে না। এই অবস্থায় বস্তুটির বেগ ঊর্ধ্বসীমায় পৌঁছে। এই গতিবেগকে বস্তুটির সীমান্ত বেগ (terminal velocity) বলা হয়।

267. একটি বীকারে কিছুটা জল লইয়া উহাতে খাড়াভাবে একটি কাচের কৈশিক নলকে ডুবাইয়া দিলে নলের মধ্যে জলের তল বীকারের জলের তল অপেক্ষা উপরে উঠিয়া যায়। সরু নল বাহিয়া জলের এই আরোহণকে কৈশিকত্ব বা কৈশিক ক্রিয়া বলে। ইহার কারণ হইল জলের পৃষ্ঠটান।

কাচের সহিত জলের স্পর্শ-কোণের মান 90° অপেক্ষা কম, তাই কাচের নলের মধ্যে জলপৃষ্ঠ অবতল হয়। মনে করি, অবতল জলপৃষ্ঠ কাচের পৃষ্ঠের সহিত θ কোণ করিয়া আছে (চিত্র 181)। পৃষ্ঠটান T-এর সংজ্ঞানুসারে, জলপৃষ্ঠের স্পর্শক বরাবর প্রতি একক দৈর্ঘ্যে T-বল ক্রিয়া করিবে। এই নলের ঊর্ধ্বাভিমুখী উপাংশ $T\cos\theta$ জলকে নলের মধ্য দিয়া টানিয়া তোলে। জলপৃষ্ঠের সহিত নলের স্পর্শরেখার দৈর্ঘ্য নলের প্রস্থচ্ছেদের পরিধি $2\pi r$-এর মান সমান। সুতরাং, জলের উপর ক্রিয়াশীল মোট ঊর্ধ্বাভিমুখী বল $=T\cos\theta\times 2\pi r$। মনে করি, এই বল জলকে h উচ্চতায় টানিয়া তুলিয়াছে। সুতরাং, এই বল h-উচ্চতা-বিশিষ্ট জলস্তম্ভের সমান।

চিত্র 181

অর্থাৎ, $\pi r^2 hg=T\cos\theta\times 2\pi r$

বা, $h=\dfrac{2T\cos\theta}{rg}$ ... (i)

কাজেই, নল যত সরু হইবে উহাতে তত বেশি উচ্চতা পর্যন্ত জল উঠিবে।

268. আপাত-দৃষ্টিতে ইহাই স্বাভাবিক মনে হইলেও আলোচ্য ক্ষেত্রে কৈশিক ক্রিয়ার ফলে নলের মুখে ফোয়ারার সৃষ্টি হয় না। নলের উপরিপ্রান্তে আসিয়া তরল আরও উপরে উঠিতে চেষ্টা করিলে স্পর্শ-কোণের মান পরিবর্তিত হয়, ইহাতে পৃষ্ঠটানজনিত বলের উল্লম্ব উপাংশের (যাহার টানে তরল-সূত্র কৈশিক নল বাহিয়া উঠে) মান হ্রাস পাইতে থাকে। স্পর্শ-কোণের যে-মানে পৃষ্ঠটানজনিত বলের উল্লম্ব উপাংশ নলের উপরের মুখ পর্যন্ত তরল-সূত্রের ওজনের সমান হইবে তরল নলের গায়ে সেই স্পর্শ-কোণ করিয়া সাম্য প্রতিষ্ঠা করিবে।

সাম্যাবস্থায় স্পর্শ-কোণের মান কত হইবে তাহা সহজেই নির্ণয় করা যায়। (i) নং সমাধান হইতে পাই,

$$\frac{h}{\cos\theta} = \frac{2T}{r\rho g} = \text{ধ্রুবক} \qquad \cdots \qquad \text{(ii)}$$

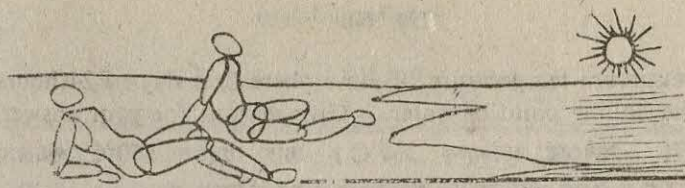
প্রশ্নের শর্তানুসারে, নলের $h/2$ দৈর্ঘ্য তরলপৃষ্ঠের উপরে রহিয়াছে। এক্ষেত্রে সাম্যাবস্থায় স্পর্শ-কোণের মান θ_1 হইলে লেখা যায়,

$$\frac{h/2}{\cos\theta_1} = \frac{h}{\cos\theta} \text{ (সমীকরণ (ii) হইতে)}$$

বা, $\theta_1 = \cos^{-1}(\frac{1}{2}\cos\theta)$

এখানে θ হইল স্পর্শ-কোণের স্বাভাবিক মান।

269. তরল-পৃষ্ঠের বিশেষ ধর্ম এই যে, ইহা সর্বদা সঙ্কুচিত হইতে চায় এবং পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল যতটা সম্ভব কমাইতে চায়। তরলের এই ধর্মকে পৃষ্ঠটান বলা হয়।

একই আয়তনের কোন বস্তুকে বিভিন্ন আকার দিলে বিভিন্ন আকারে উহার পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফলও বিভিন্ন হয়। বস্তুটি গোলকাকার হইলে উহার পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল সর্বাপেক্ষা কম হয়। তরল পদার্থ উহার পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফল সর্বদা ন্যূনতম করিতে চায় বলিয়া অন্য কোন বল ক্রিয়া না করিলে তরল সর্বদা গোলকের আকার ধারণ করে। তরল বিন্দুর আকার কেবলমাত্র পৃষ্ঠটানের দ্বারাই নির্ধারিত হয় না। অভিকর্ষ-বলও তরল-বিন্দুর আকারকে প্রভাবিত করে। বড় আকারের কণাগুলির উপর অভিকর্ষের টান বেশি বলিয়া বড় কণাগুলি কিছুটা চ্যাপ্টা আকার ধারণ করে। ছোট তরল বিন্দুর উপর অভিকর্ষ-বলের প্রভাব কম বলিয়া ক্ষুদ্র তরল বিন্দুগুলি পৃষ্ঠটানের প্রভাবে গোলাকার হয়। এইজন্যই ক্ষুদ্র জলের ফোঁটা বা ক্ষুদ্র গলন্ত সীসার ফোঁটা গোলাকার।

প্রশ্নাবলী

থার্মোমিতি

270. থার্মোমিটারের ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক এবং নিম্ন স্থিরাঙ্ক নির্ধারণ করিবার সময় ব্যারোমিটারের পাঠ লইবার প্রয়োজন আছে কি ? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[Is it necessary to read the barometer when determining the upper and the lower fixed point of a thermometer ? Give reasons for your answer.] (Pat. U., I. Sc., 1946)

271. দুইটি থার্মোমিটারের মধ্যে একটির কুণ্ড বৃহদাকার এবং অপরটির নল সরু। উহাদের সুবিধা ও অসুবিধা ব্যাখ্যা কর। (C. U., I. Sc., 1941)

[There are two thermometers of which one has the larger bulb and the other the finer bore. Explain the advantages and disadvantages in each case.]

272. একটি ডাক্তারী থার্মোমিটার পরিষ্কার করিবার জন্য একজন নার্স ফুটন্ত জল ব্যবহার করিল এবং ইহাতে থার্মোমিটারটি অকেজো হইয়া পড়িল। ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

[A nurse used boiling water to clean a clinical thermometer and the thermometer becomes useless. Explain.]

273. বায়ুমণ্ডলের চাপ স্বাভাবিক চাপ অপেক্ষা কম না বেশি তাহা একটি থার্মোমিটারের সাহায্যে কীরূপে স্থির করা যায় ? [H. S. 1960 (Comp.)]

[How could a thermometer be used to find whether the atmospheric pressure were above or below the normal ?]

274. একইভাবে তৈয়ারী দুইটি থার্মোমিটারের একটির কুণ্ড গোলকাকার এবং অপরটির কুণ্ড লম্বা বেলনাকার। উষ্ণতার পরিবর্তন কোন্ থার্মোমিটারে অপেক্ষাকৃত দ্রুত ধরা পড়িবে ? (I. I. T. Adm. Test, 1973)

[Two thermometers constructed in the same way except that one has a spherical bulb and the other elongated cylindrical bulb. Which one will respond quickly to temperature changes ?]

275. ডাক্তারী থার্মোমিটারের সাহায্যে (*i*) কোন দিনের 24 ঘণ্টায় বায়ুমণ্ডলের সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন উষ্ণতা এবং (*ii*) জলের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করা যায় কী ? যুক্তিসহ উত্তর দাও। (Jt. Entrance, 1973)

[Can a clinical thermometer be employed to find (i) maximum

and minimum temperature of atmosphere in a day of 24 hours, and (ii) the boiling point of water. Give reasons for your answer.]

276. পারদের স্ফুটনাঙ্ক 367°C। তাহা হইলে 550°C পর্যন্ত উষ্ণতা মাপিবার জন্য পারদ থার্মোমিটার ব্যবহার করা যায় কীরূপে ?

[The boiling point of mercury is 367°C. How then can mercury thermometer be used to measure temperatures upto 550°C ?]

277. "একটি তাপক-সংস্থায় 68°F উষ্ণতায় যে-জল প্রবেশ করে ঐ সংস্থা সেই জলের উষ্ণতা 36 ফারেনহাইট ডিগ্রী বৃদ্ধি করে।" ফারেনহাইট স্কেলের পরিবর্তে উষ্ণতায় সেলসিয়াস স্কেল ব্যবহার করিয়া উক্তিটি নূতনভাবে লিখ।

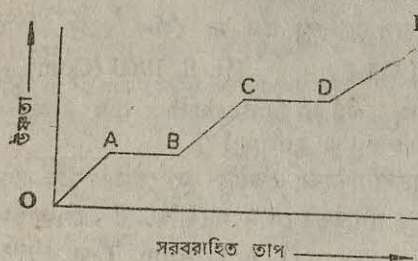
["A heating system produces a rise of temperature of 36 Fahrenheit degree in water entering the system at 68°F." Rewrite the above statement using Celsius in place of Fahrenheit scale of temperature.]

278. 0°C হইতে 8°C পর্যন্ত উষ্ণতায় জলকে উষ্ণতা-মাপক পদার্থ হিসাবে ব্যবহার করা যায় কী ?

[Can water be used as a thermometric substance within the range of temperature from 0°C to 8°C ?]

* * *

ক্যালরিমিতি, অবস্থার পরিবর্তন ও হাইগ্রোমিতি

279. একটি কঠিন পদার্থকে নির্দিষ্ট হারে তাপ সরবরাহ করা হইতেছে। পদার্থটির উষ্ণতা 182 নং লেখচিত্রের ন্যায় পরিবর্তিত হইতেছে। লেখচিত্রটি ভালভাবে লক্ষ্য কর এবং নিম্নের প্রশ্নগুলির উত্তর দাও ঃ

চিত্র 182

(i) AB এবং CD অনুভূমিক অংশদ্বয় কী নির্দেশ করে ?

(ii) যদি CD-এর দৈর্ঘ্য 2AB-এর সমান হয় তবে তোমার সিদ্ধান্ত কী হইবে ?

(iii) DE-এর নতি (slope) কী নির্দেশ করে ?

(iv) OA-এর নীতি BC-এর নীতি অপেক্ষা বেশি। ইহা কী নির্দেশ করে ?

[A solid material is supplied with heat at a constant rate. The temperature of the material in changing with the heat input as shown in the graph carefully and answer the following questions :

(i) What do the horizontal regions AB and CD represent ?

(ii) If CD is equal to 2AB, what do you infer ?

(iii) What does the slope of DE represent ?

(iv) The slope of OA is greater than slope of BC. What does this indicate ?] (I. I. T. Adm. Test, 1980)

280. একই প্রকার দুইটি পাত্রে একই উষ্ণতাবিশিষ্ট সম-পরিমাণ জল লইয়া উভয় পাত্রে সমান ভরের লবণ গলান হইল। একটি ক্ষেত্রে লবণকে বড় বড় কেলাসের আকারে এবং অপর ক্ষেত্রে লবণকে মিহি গুঁড়ার আকারে লওয়া হইল। লবণ দ্রবীভূত হইবার পর কোন্ ক্ষেত্রে দ্রবণের উষ্ণতা অপেক্ষাকৃত বেশি হইবে ?

[Equal quantities of salt at same temperature are dissolved in two identical vessels containing equal amount of water at same temperature. In one case, salt is in the form of large crystals and in the other in the form of fine powder. In which case, will the temperature of the solution be higher after the salt is completely dissolved ?]

281. (i) যদি ক্যালরিমিটারে জল থাকে এবং উহাতে চিনি মিশান হয়, (ii) যদি কঠিন ও তরল পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং (iii) যদি ক্যালরিমিটারটি একটি টেবিলের উপর বায়ুতে উন্মুক্ত অবস্থায় রাখা হয় তাহা হইলে 'গৃহীত তাপ=বর্জিত তাপ'—এই সম্পর্কটি প্রযোজ্য হয় কি ? (H. S. 1963)

[Will the relation 'heat lost=heat gained' hold if (i) the calorimeter contains water and the solid is sugar, (ii) the solid and the liquid in the calorimeter react chemically, (iii) the calorimeter is kept on a table and is exposed to the air ? (H. S. 1963)

282. ক্যালরিমিটারগুলি ধাতব পদার্থের দ্বারা তৈয়ারী হয়, কাচের দ্বারা তৈয়ারী হয় না কেন ?

[Why are calorimeters made of metals, not of glass ?]

283. কঠিন এবং তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ একটি, অথচ গ্যাসীয় পদার্থের আপেক্ষিক তাপ দুইটি কেন ?

[Why a gas has two specific heats, while solids and liquids have only one specific heat ?] (Jt. Entrance, 1976)

284. স্থির চাপে গ্যাসের আপেক্ষিক তাপ (C_p) স্থির আয়তনে গ্যাসের আপেক্ষিক তাপ (C_v) অপেক্ষা বেশি কেন ?

[Why is the specific heat of a gas at constant pressure C_p greater than its specific heat at constant volume C_v ?]

285. 100°C উষ্ণতাবিশিষ্ট এক পাউণ্ড সীসা অপেক্ষা এক পাউণ্ড লোহা বরফে বেশি গভীরতা পর্যন্ত ডোবে কেন ?

[Why does a pound of iron heated to 100°C sink further into ice than a pound of lead at the same temperature ?]

286. একই প্রকার দুইটি কেট্‌লির একটিতে জল এবং অপরটিতে সমান

ভরের দুধ আছে। ইহাদিগকে আগুনে পাশাপাশি স্থাপন করা হইল। জল অপেক্ষা দুধের উষ্ণতা দ্রুততর হারে বৃদ্ধি পাইতে দেখা গেল। ব্যাখ্যা কর।

[Two exactly similar kettles—one containing water and the other an equal mass of milk—are placed side by side on fire. The rise of temperature of the milk is found to take place at a quicker rate than in the case of water. Explain.] (H. S. 1960)

287. কেবলমাত্র 50°C অপেক্ষা বেশি উষ্ণতা মাপিতে পারে তোমাকে এইরূপ একটি থার্মোমিটার এবং 20°C অপেক্ষা কম উষ্ণতার কিছুটা জল দেওয়া হইল। অন্য কোন থার্মোমিটারের সাহায্য না লইয়া মোটামুটিভাবে ঐ জলের উষ্ণতা মাপিবার একটি পরীক্ষা-পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Supposing you were given a thermometer reading only from 50°C and some water of which the temperature was below 20°C, describe an experiment to determine roughly the temperature of water without using any other thermometer.] (C. U. I. Sc., 1953)

288. ক্যালরিমিতির পরীক্ষায় জলের ব্যবহার কি সুবিধাজনক? যদি না হয়, তাহা হইলে কোন্ তরল ব্যবহার করা অপেক্ষাকৃত বেশি সুবিধাজনক তাহা যুক্তিসহ বুঝাইয়া বল।

[Is water a good choice as calorimetric substance? If not, state with proper reasons your suggestion about a better one.]

289. একই ওজনবিশিষ্ট দুইটি ধাতব গোলকের একটি অ্যালুমিনিয়াম এবং অপরটি সীসার তৈয়ারী। ইহাদিগকে সূতার সাহায্যে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। একটি পাত্রে কঠিন ন্যাপথালিনের সহিত সাম্যাবস্থায় অবস্থিত গলন্ত ন্যাপথালিন লওয়া হইল। ঘরের উষ্ণতায় অবস্থিত এই গোলক দুইটিকে একই সঙ্গে পরিষ্কার গলন্ত ন্যাপথালিনে ডুবাইয়া দেওয়া হইল এবং মিনিট খানেক নিমজ্জিত রাখিয়া উহাদিগকে বাহির করিয়া আনা হইল। ইহাতে উভয় গোলকের উপর কিছু পরিমাণ ন্যাপথালিনের স্তর জমিয়া যায়। ওজন করিয়া দেখা গেল যে, অ্যালুমিনিয়ামের গোলকের উপর জমাট-বাধা ন্যাপথালিন সীসার গোলকের উপর জমাট-বাধা ন্যাপথালিন অপেক্ষা ভারী।

এই পার্থক্যের কারণ ব্যাখ্যা কর এবং গোলকদ্বয়ের উপাদানের প্রাসঙ্গিক ধর্মগুলি সম্বন্ধে তোমার সিদ্ধান্ত বিবৃত কর।

[Two metal spheres one of aluminium and the other of lead each having the same weight are suspended with threads. A vessel containing molten naphthalene in equilibrium with solid naphthalene is taken and the two spheres at room temperature are simultaneously plunged into the clear molten liquid naphthalene at the top of the vessel, kept immersed for about a minute and then taken out. Each gets coated with some frozen naphthalene and

on weighing the naphthalene deposited on aluminium sphere appears heavier than the naphthalene deposited on lead sphere.

Briefly explain the reason for this difference and state your conclusion about the relevant properties.] (Jt. Entrance, 1974)

290. হাত-পা গরম রাখিবার জন্য কোন্‌টি বেশি পছন্দ করিবে—5 kgm জল-ভর্তি একটি রবারের ব্যাগ, নাকি 5 kgm ভরবিশিষ্ট একটি লোহখণ্ড ? ধরিয়া লও যে, উভয়েরই প্রাথমিক উষ্ণতা 100°C। (লোহার আপেক্ষিক তাপ = 0·11)

[For the purpose of warming your limbs which one would you prefer—a rubber bag containing 5 kgm of water or a block of iron (specific heat = 0·11) weighing 5 kgm ? Assume that both are initially at the same temperature.]

291. সেঁক দিবার বোতলে গরম তরল হিসাবে জল লইবার সুবিধা কী ?

[What is the advantage of taking water as hot substance in a hot water bottle ?] (H. S. 1982)

292. কিছু পরিমাণ জলকে স্ফুটনাঙ্কে আনিতে যে-সময় লাগে উহাকে ফুটাইয়া সম্পূর্ণভাবে বাষ্পে পরিণত করিতে তদপেক্ষা অনেক বেশি সময় লাগে কেন ?

[Why does it take much longer to boil away a quantity of water than it does to bring it to boil ?]

293. 'কোন পানীয়কে শীতল করিবার জন্য বরফ-গলা জল অপেক্ষা বরফের টুকরা অনেক বেশি কার্যকর।' ব্যাখ্যা কর।

['Lumps of ice are more effective in cooling a drink than iced water.' Explain.]

294. একটি গলন্ত বরফখণ্ডের মধ্যবর্তী একটি গর্তে কিছু পরিমাণ জল রাখা হইল। ঐ জল কি জমিয়া যাইবে ? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[A small quantity of water is placed in a hole in a large block of melting ice. Will it freeze ? Give reasons for your answer.]

(H. S. 1963 Comp.)

295. চন্দ্রপৃষ্ঠে কোন মহাকাশচারী তাহার থার্মোফ্লাস্ক হইতে প্রায় 20°C উষ্ণতার জলকে একটি কাচের বীকারে ঢালিল। ঐ জলের কী হইবে বলিয়া তোমার মনে হয় তাহা সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর।

[Suppose some astronaut on the surface of the moon took some water at about 20°C out of his thermosflask and poured over into a glass beaker. Briefly explain what you would expect to happen to water.] (Jt. Entrance, 1976)

296. তুমি যদি তোমার হাতকে ঈষদ্‌-উষ্ণ জলে ডুবাইয়া দাও এবং ইহার পর হাতটি বায়ুতে উন্মুক্ত অবস্থায় রাখ, তাহা হইলে হাত ঠাণ্ডা অনুভব করিবে। যদি

জলের পরিবর্তে ইথার লইয়া অনুরূপ পরীক্ষা করা হয় তাহা হইলে হাতটি বায়ুতে উন্মুক্ত করিলে অপেক্ষাকৃত বেশি ঠাণ্ডা অনুভব করিবে। ব্যাখ্যা কর।

['If you dip your hand in lukewarm water and then expose it to air, the hand feels cold. If the same experiment is repeated with ether instead of water, the hand feels colder on exposure to air. Explain this.]

297. কোন থার্মোমিটারের কুণ্ডকে যখন ভিজা কাপড় দিয়া মুড়িয়া দেওয়া হয় তখন উহার পাঠ কমিয়া যায় কেন? (i) কাপড়টি ইথার দ্বারা ভিজান ও (ii) জল দ্বারা ভিজান হইলে কী পার্থক্য দেখা যাইবে?

[Why is the reading of a thermometer lowered when its bulb is wrapped with a wet rag? What difference will be observed when the rag is wetted with (i) ether and (ii) water?]

(Jt. Entrance 1974)

298. কোন একটি থার্মোমিটারের কুণ্ডে কয়েক ফোঁটা ইথার রাখিলে তৎক্ষণাৎ থার্মোমিটারের পারদকে নামিয়া যাইতে দেখা যায়। কিন্তু যখন একটি থার্মোমিটারকে ইথারের বোতলে ডুবান হয় তখন উহার পারদকে নামিতে দেখা যায় না। ব্যাখ্যা কর।

[If a few drops of ether is placed on the bulb of a thermometer an immediate lowering of the mercury results. But when the thermometer is dipped in a bottle of ether, no such lowering of mercury is observed. Explain.]

299. একটি ঘরের বিকিরকের মধ্যে 100°C উষ্ণতাবিশিষ্ট বাষ্প প্রবেশ করে এবং উহা হইতে একই উষ্ণতাবিশিষ্ট জল বাহির হইয়া আসে। ইহাতে ঘরের উষ্ণতা-বৃদ্ধি হইবে কি? ব্যাখ্যা কর।

[Steam enters a radiator inside a room at 100°C and water leaves it at the same temperature. Is the room heated thereby? Explain.]

300. স্ফুটনাঙ্কে কোন তরলের সম্পৃক্ত বাষ্পের চাপ তরলের উপরিস্থ চাপের সমান কেন?

[Why the saturated vapour pressure of a liquid at boiling point is equal to the superincumbent pressure?]

301. 100°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের সম্পৃক্ত চাপ কত?

[What is the saturated vapour pressure of water at 100°C?]

302. সকালবেলা একটি বন্ধ ঘরের শিশিরাঙ্ক ছিল 12°C; দুপুরে ঘরের উষ্ণতা 5°C বৃদ্ধি পাইল। ইহাতে ঘরে আবদ্ধ বায়ুর (i) শিশিরাঙ্ক এবং (ii) আপেক্ষিক আর্দ্রতার কীরূপ পরিবর্তন হইবে?

[The temperature of a closed room was 12°C; at noon the

temperature is increased by 5°C. How will (i) the dew point and (ii) the relative humidity of air in the room be affected ?]

303. একটি জলপূর্ণ বীকারকে একটি ঘরে টেবিলের উপর রাখা হইল। বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এই জলের মধ্য দিয়া স্টীম পাঠাইয়া উহাকে ফুটান যায় কি ? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[A beaker of water is kept on a table in a room. Can this water be made to boil by passing steam through it at atmospheric pressure ? Give reasons for your answer.] (H. S. 1965)

304. বায়ুশূন্য একটি চোঙের সহিত একটি পিস্টন যুক্ত রহিয়াছে। ঐ চোঙে পিস্টন-কর্তৃক আবদ্ধ স্থানকে 20°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প দ্বারা ঠিক সম্পৃক্ত করিতে যে-পরিমাণ জল প্রয়োজন ঠিক সেই পরিমাণ জল প্রবেশ করান হইল। নিম্নোক্ত অবস্থানগুলিতে কী হইবে ব্যাখ্যা কর : (i) পিস্টনটি টানিয়া চোঙে আবদ্ধ স্থানের আয়তন বৃদ্ধি করা হইল (ii) পিস্টনটিকে ঠেলিয়া চোঙে আবদ্ধ স্থানের আয়তন কমান হইল, (iii) চোঙে আবদ্ধ স্থানের আয়তন পূর্ববৎ রাখিয়া উষ্ণতা বৃদ্ধি করিয়া 50°C-এ আনা হইল ; (iv) উষ্ণতা 10°C-এ নামিয়া আসিল।

[Into a cylinder exhausted of air, and fitted with a piston, there is introduced just enough water to saturate the space at 20°C. Explain what happens under the following conditions : (i) The volume of the space is increased by pulling up the piston, (ii) the volume of the space is diminished by pushing the piston down, (iii) the volume remaining as at first, the temperature is increased to 50°C, (iv) the temperature falls to 10°C.] (C. U. I. Sc, 1944)

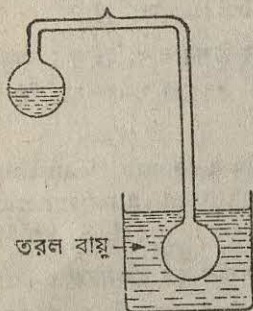
305. দুইটি ঘরের উষ্ণতা 72°F। একটি ঘরের বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা 25% এবং অপর ঘরের বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা 55%। কোন্ ঘরটিকে তোমার অপেক্ষাকৃত উষ্ণ মনে হইবে ?

[The temperature of two rooms is 72°F. The relative humidity of one is 25% and of the other 55%. In which room would you feel warmer and why ?]

306. শীতকালে কোন একদিন ঘরের ভিতরের এবং বাহিরের শিশিরাঙ্ক সমান ছিল, কিন্তু আপেক্ষিক আর্দ্রতা ভিন্ন ছিল। ব্যাখ্যা কর।

[On a certain winter's day the dew-point indoors and outdoors were the same, yet the relative humidities were different. Explain]

307. একটি U-নল দ্বারা যুক্ত দুইটি ফাঁপা কাচের গোলকে কিছু পরিমাণ জল রহিয়াছে। পাম্পের সাহায্যে উহাদের মধ্য হইতে বায়ু বাহির করিয়া দিয়া সমস্ত সংস্থাটিকে 'সিল্' করিয়া দেওয়া হইল। যদি সমস্ত জলকে উপরের গোলকে লইয়া গিয়া নিচের গোলকটিকে তরল বায়ুতে নিমজ্জিত করা হয় (চিত্র 183) তাহা

হইলে কিছুক্ষণ পরে উপরের গোলকের জল জমিয়া যাইবে, যদিও উপরের গোলকটি বরাবরই ঘরের উষ্ণতায় রহিয়াছে। ঘটনাটি ব্যাখ্যা কর।

চিত্র 183

[A quantity of water is put into two hollow glass spheres connected by a U-tube and the air is then pumped out and the whole system is sealed. If all the water is poured into the upper sphere and the lower sphere is put in a vessel containing liquid air (Fig. 183), after a certain time, all the water in the upper sphere will freeze, although the upper sphere remains at the room temperature throughout. Explain the phenomenon.]

308. একটি ঘরে একটি ব্যারোমিটার রহিয়াছে। ঘরটিতে জল ছিটান হইল। নিম্নোক্ত অবস্থায় ব্যারোমিটারের পাঠের কীরূপ পরিবর্তন হইবে বিবৃত কর: (*i*) দরজা এবং জানালাগুলি বন্ধ রাখিয়া ঘরের উষ্ণতা ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করা হইল। (*ii*) ঘরের উষ্ণতা বৃদ্ধি করা হইল, কিন্তু দরজা এবং জানালাগুলি খোলা রাখা হইল।

[Water is sprinkled in a room containing a barometer. State how will the barometer reading be affected under the following conditions : (i) the doors and windows are closed and rooms gradually heated, (ii) the room is heated but with doors and windows open.] (Pat. U., I. Sc., 1976)

309. আর্দ্র উষ্ণ বায়ু তত্তোধিক উষ্ণ শুষ্ক বায়ু অপেক্ষা বেশি অস্বস্তিকর কেন?

[Why does warm moist air cause more discomfort than warmer dry air ?] (H. S. 1965)

310. বরফে সাধারণ লবণ মিশাইলে মিশ্রণের উষ্ণতা নামিয়া যাইবার কারণ কি? লবণ মিশাইতে থাকিলে মিশ্রণের উষ্ণতা কি নিরবচ্ছিন্নভাবে নিচে নামিতে থাকিবে? ব্যাখ্যা কর।

[What is the cause of lowering of temperature of the mixture when salt is added to ice ? Can this process of lowering of temperature go on indefinitely with the addition of salt? Explain.]

311. শুষ্ক- ও সিক্ত-কুণ্ড থার্মোমিটারে সিক্ত-কুণ্ড থার্মোমিটারটির পাঠ শুষ্ক-কুণ্ড থার্মোমিটারের পাঠ হইতে ভিন্ন হয় কেন? কখন ইহাদের পাঠ সমান হয়?

[In a wet and dry bulb hygrometer, why does the wet-bulb thermometer give a reading different from that of the dry-bulb thermometer ? In what circumstances would both readings be the same ?] (H. S. 1964)

312. বাষ্পায়নের ফলে শৈত্যের সৃষ্টি হয় কেন ব্যাখ্যা কর।

[Explain why evaporation causes cooling.]

(Marine Eng. Adm. Test, 1974)

313. চাপ বৃদ্ধি করিলে বরফের গলনাঙ্ক হ্রাস পায়, কিন্তু চাপ-বৃদ্ধির ফলে মোমের গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। ইহার কারণ কী ব্যাখ্যা কর।

[On increasing the pressure the melting point of ice decreases while with the increase of pressure the melting point of wax is increased. Explain why.]

* * *

পদার্থের প্রসারণ

314. একটি পিতলের দণ্ড এবং একটি ইস্পাতের দণ্ডের দৈর্ঘ্যের ব্যবধান সকল উষ্ণতায় সমান বলিয়া দাবি করা হইতেছে। ইহা কি সম্ভব?

[The difference between the length of a certain brass rod and that of a steel rod is claimed to be constant at all temperatures. Is this possible ?]

(I. I. T. Adm. Test, 1974)

315. একটি ধাতব দণ্ড (রৈখিক প্রসারণ গুণাঙ্ক α) 184 নং চিত্রের ন্যায় বিধৃত রহিয়াছে। দণ্ডটির প্রাথমিক দৈর্ঘ্য L। দণ্ডের সহিত যুক্ত একটি সূতা r ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি কপিকলের উপর দিয়া গিয়াছে। কপিকলটির সহিত l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি সূচক লাগান আছে। দণ্ডের উষ্ণতা T ডিগ্রী বৃদ্ধি পাইলে সূচকের অগ্রভাগ কতটা দূরত্ব সরিবে তাহা নির্ণয় কর।

চিত্র 184

[A metal rod (coefficient of expansion α) is supported as shown in the diagram (Fig. 184). The original length of the rod is L. A string attached to the end of the rod passes round a pulley of radius r to which is fixed a pointer of length l. Find the distance moved by the tip of the pointer when the temperature of the rod is raised by T degrees.]

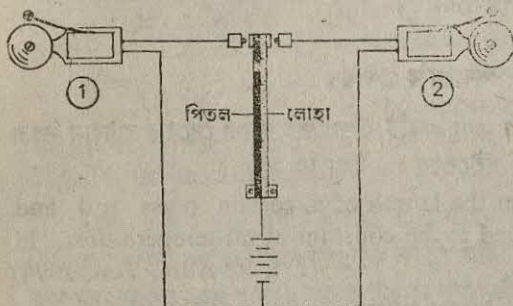
316. একটি সরল দোলকের সূতার রৈখিক প্রসারণ গুণাঙ্ক α; ইহার দৈর্ঘ্য যখন l_1 তখন ইহার দোলনকাল T। $\triangle\theta$ উষ্ণতা-বৃদ্ধির ফলে দোলকটির দৈর্ঘ্য যখন l_2 হইল তখন ইহার দোলক-কাল (T+$\triangle$T) হইল। দেখাও যে,

$$\triangle T/T=\frac{1}{2}\alpha\triangle T\theta$$

[A simple pendulum whose thread has a coefficient of linear expansion α has a period T at length l_1. When a temperature increase $\triangle\theta$ causes its length to become l_2, its period becomes (T+$\triangle$T). Show that $\triangle T/T=\frac{1}{2}\alpha\triangle\theta$]

317. একটি লৌহদণ্ড একটি বৃত্তাকার লোহার আংটার দুই বিপরীত পার্শ্বে যুক্ত রহিয়াছে। যদি এই সংস্থাটিকে উত্তপ্ত করা হয় তাহা হইলে আংটাটি বৃত্তাকার থাকিবে কি ? কেন ?

[An iron rod connects the opposite sides of a circular iron hoop. If the system is equally heated, will the hoop remain circular ? Why ?]

318. 185 নং চিত্রে পিত্তল এবং লোহার তৈয়ারী একটি দ্বিধাতব পাতকে একটি তড়িৎ-বর্তনীতে যুক্ত অবস্থায় দেখা যাইতেছে। ইহা এইরূপভাবে গঠিত যাহাতে ঘরের উষ্ণতা নির্দিষ্ট পরিমাণ বৃদ্ধি বা হ্রাস পাইলে একটি বৈদ্যুতিক ঘণ্টা বাজিতে থাকে। যন্ত্রব্যবস্থাটি কীরূপে ক্রিয়া করে ব্যাখ্যা কর এবং উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে কোন্ ঘণ্টাটি বাজে এবং উষ্ণতা হ্রাস পাইলেই বা কোন্ ঘণ্টাটি বাজে তাহা বল।

চিত্র 185

[Fig. 185 shows a bimetallic strip of brass and iron incorporated in an electrical circuit and so designed as to ring a bell when the temperature of the enclosure rises or falls by a certain amount. Explain how the device works and indicate which bell rings when temperature rises and which when the temperature falls.]

[Oxford and Cambridge Schools Examination Board]

319. কোন তরলপূর্ণ পাত্রকে যখন হঠাৎ উত্তপ্ত করা হয় তখন তরল-তল নামিয়া যায়। ব্যাখ্যা কর।

[A vessel containing a liquid being suddenly heated the level of liquid is seen to fall. Explain.]

320. একটি বীকার 4°C উষ্ণতাবিশিষ্ট জল দ্বারা কানায় কানায় পূর্ণ রহিয়াছে। জলের উষ্ণতা বাড়ানই হোক বা কমানই হোক জল উপ্‌চাইয়া পড়িবে। ব্যাখ্যা কর।

[A beaker is completely filled with water at 4°C. Whether the temperature of this water is raised or lowered, in either case there is an overflow of water. Explain.]

321. একটি কাঠের ব্লক উহার V-আয়তন জলের উপর রাখিয়া 0°C উষ্ণতা-বিশিষ্ট জলে ভাসিতেছে। জলের উষ্ণতা ধীরে ধীরে 0°C হইতে 20°C উষ্ণতায় তোলা হইল। এই সময় আয়তন V-এর কীরূপ পরিবর্তন হইবে ?

[A block of wood is floating on water at 0°C with a certain volume V above water-level. The temperature of the water is slowly raised from 0°C to 20°C. How does the volume V change with the rise of temperature ?] (I. I. T. 1974)

322. একটি হ্রদের উপরে বরফ জমিয়া আছে। ইহার উপরের বায়ুর উষ্ণতা −15°C। (*i*) বরফের নিচের তলের সংস্পর্শে এবং (*ii*) হ্রদের নিচে জলের সর্বোচ্চ উষ্ণতা কত হইবে বলিয়া তোমার মনে হয়? (I.I.T. Adm. Test, 1974)

[The top of a lake is frozen. Air in contact is at −15°C. What do you expect to be the maximum temperature of water : (i) in contact with the lower surface of ice, (ii) at the bottom of the lake ?]

323. একটি ফাঁপা লোহার বল ঠিক সম্পূর্ণ নিমজ্জিত অবস্থায় 10°C উষ্ণতায় জলে ভাসে। যদি জল এবং লোহার বলকে 50°C উষ্ণতায় তোলা হয় তাহা হইলে কী হইবে?

[A hollow iron ball just floats in water at 10°C. What will happen if both water and the ball are heated 50°C ?]

324. একই রকম দুইটি হাইড্রোজেন গ্যাসপূর্ণ পাত্র একটি অনুভূমিক নলের সাহায্যে যুক্ত রহিয়াছে। ঐ নলে একটি ক্ষুদ্র পারদস্তম্ভ রহিয়াছে। একটি পাত্র 0°C উষ্ণতাবিশিষ্ট এবং অপরটিতে 20°C উষ্ণতাবিশিষ্ট হাইড্রোজেন গ্যাস রহিয়াছে। যদি উভয় পাত্রের উষ্ণতাই 10 সেলসিয়াস ডিগ্রী বৃদ্ধি পায় তাহা হইলে পারদস্তম্ভটির সরণ ঘটিবে কি?

[Two identical vessels filled with hydrogen are connected by a horizontal tube in which there is a small column of mercury. In one vessel the hydrogen is at 0°C and in the other at 20°C. Will the column of mercury be displaced if both the vessels are heated through 10 celsius degrees ?]

325. একটি গ্যাস এমনভাবে প্রসারিত হয় যে, উহার চাপ (P) এবং আয়তন (V) নিম্নের শর্তটি মানিয়া চলে—

$$PV^2 = \text{ধ্রুবক}।$$

এইরূপ প্রসারণে গ্যাসের উষ্ণতা বাড়ে, নাকি কমে তাহা নির্ণয় কর।

[A gas expands in such a manner that its pressure P and volume V comply with the condition

$$PV^2 = \text{constant}.$$

Find out whether the gas heated or cooled during such an expansion.]

326. বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং ঘরের উষ্ণতাবিশিষ্ট বায়ুতে প্রতি লিটারে কতকগুলি অণু থাকে? ধরিয়া লও যে, ঘরের উষ্ণতা 27°C এবং বায়ুমণ্ডলীয় চাপ 10^6 dyn/cm^2।

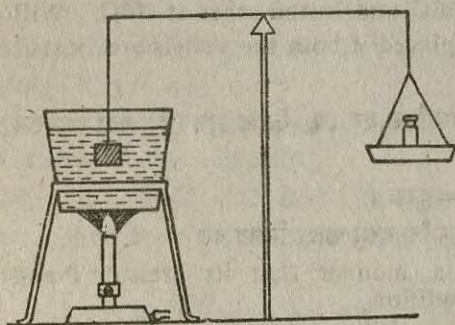
[How many molecules are there in a litre of air at atmospheric pressure and room temperature ? Take the room temperature as 27°C and one atmosphere as 10^6 dyn/cm².

327. একটি ক্যালরিমিটারে একই তরলের দুইটি স্তর রহিয়াছে। নিচের স্তরের তরলের উষ্ণতা অপেক্ষাকৃত কম এবং উপরের স্তরের তরলের উষ্ণতা অপেক্ষাকৃত বেশি। উষ্ণতার সমতা প্রতিষ্ঠিত হইলে ক্যালরিমিটারের তরলের মোট আয়তন পরিবর্তিত হইবে কি ? ধরিয়া লও যে, তরলটির আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক উষ্ণতা-নিরপেক্ষ।

[There are two layers of a liquid in a calorimeter, the lower one colder, the upper one hotter. Will the overall volume of the liquid be altered if the temperature is evened out ? Assume that the coefficient of cubic expansion of the liquid is independent of temperature.]

328. V_1 এবং V_2 আয়তনবিশিষ্ট দুইটি গ্যাসপূর্ণ পাত্র একটি স্টপ-কক্-যুক্ত নল দ্বারা পরস্পর সংযুক্ত রহিয়াছে। উহাদের উষ্ণতা সমান। যদি পাত্রদ্বয়ের মধ্যবর্তী গ্যাসের চাপ যথাক্রমে P_1 এবং P_2 হয় তাহা হইলে স্টপ-কক্ খুলিয়া দিলে পাত্রদ্বয়ের আভ্যন্তরীণ চাপের চূড়ান্ত মান কত হইবে ? ধরিয়া লও যে, উষ্ণতা অপরিবর্তিত রহিয়াছে।

[Two gas-filled vessels having volume V_1 and V_2 are connected by a tube fitted with a stop cock. The vessels are at the same temperature. If the pressures inside the vessels are P_1 and P_2 respectively, what will be the final pressure of the gas if the stopcock is opened ? Assume that the temperature remains unchanged.]

329. কোন তরলে নিমজ্জিত একটি বস্তুকে তুলাযন্ত্রের এক প্রান্তে স্থাপন করিয়া তুলাযন্ত্রটিকে সাম্যাবস্থায় আনা হইল (চিত্র 186)। বস্তুসহ তরলটিকে উত্তপ্ত করা হইলে তুলাযন্ত্রের পাঠ বদলাইবে কি ?

চিত্র 186

[A boby immersed in a liquid is balanced on scales (Fig. 186). Will the reading of the scales be altered if the liquid be heated with the body ?]

330. কোন তরলের উষ্ণতা যখন t_1 তখন উহাতে নিমজ্জিত অবস্থায় w_0 ওজনবিশিষ্ট একটি নিমজ্জকের আপাত ওজন w_1 এবং যখন ঐ তরলের উষ্ণতা t_2 তখন উহাতে নিমজ্জিত অবস্থায় নিমজ্জকটির আপাত ওজন w_2। নিমজ্জকের উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক β। তরলটির আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক কত ?

[A sinker of weight w_0 has an apparent weight w_1 when weighed in a liquid at temperature t_1 and w_2 when weighed in the same liquid at temperature t_2. The coefficient of cubical expansion of the material of the sinker is β. What is the coefficient of volume expansion of the liquid ?] (I. I. T. Adm Test, 1978)

331. কংক্রিটের কাঠামো শক্তিশালী করিবার জন্য কেবলমাত্র লোহা বা ইস্পাত ব্যবহৃত হয় কিন্তু অন্য কোন ধাতু, যেমন ডুর‍্যালুমিন,—কখনো ব্যবহৃত হয় না।

[Iron or steel is used as reinforcement in concrete structures, while other metals, duralumin for example, are never employed. Why ?]

332. জলের ঘনত্বের সাহায্যে উষ্ণতা প্রকাশ করিলে কী অসুবিধা হইত ?

[What difficulties would arise if you expressed temperature in terms of density of water ?]

* * *

তাপ-সঞ্চালন

333. একটি কাঠের ব্লক এবং একটি ধাতব ব্লক কোন্ সাধারণ উষ্ণতায় থাকিলে উহাদিগকে স্পর্শ করিলে সমান শীতল বা সমান উষ্ণতা বলিয়া মনে হইবে ?

[At what temperature would a block of wood and a block of metal feel equally cold or equally hot when touched ?] (I. I. T. Adm. Test, 1976)

334. দুইটি দণ্ড A এবং B-এর দৈর্ঘ্য সমান। উভয় দণ্ডের প্রান্তদ্বয়ের উষ্ণতা T_1 এবং T_2। কোন্ শর্ত পালিত হইলে A এবং B দণ্ডের মধ্য দিয়া একই হারে তাপ পরিবাহিত হইবে ?

[Two rods A and B are of equal length. Each road has its ends at temperatures T_1 and T_2. What is the condition that will ensure equal rates of flow of heat through the rods A and B ?] (I. I. T. Adm. Test, 1976)

335. শীতকালের রাত্রিতে আকাশ নির্মল না হইয়া মেঘাচ্ছন্ন হইলে আমরা অপেক্ষাকৃত উষ্ণ বোধ করি। ইহার কারণ কী ?

[On winter night we feel warmer when clouds cover the sky than when the sky is clear. Why ?] (I. I. T. Adm. Test, 1974)

336. পরস্পর অনুরূপ দুইটি পাত্রে গরম জল রাখা হইল। ইহাদের একটির পৃষ্ঠতল সাদা এবং মসৃণ, অপরটির পৃষ্ঠতল কালো ও অমসৃণ। কোন্ পাত্রের জল অপেক্ষাকৃত তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা হইবে এবং কেন ?

[Hot water is placed in two identical vessels, one with polished white surface and the other with a rough black surface. Which one will cool more quickly and why ?] (H. S. 1965 Comp.)

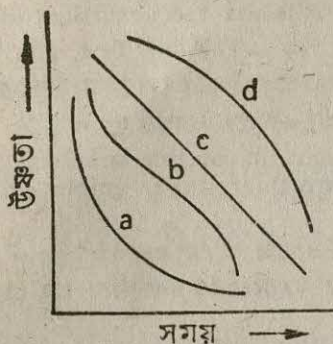
337. খড়ের চালাবিশিষ্ট ঘর গ্রীষ্মকালে শীতল এবং শীতকালে উষ্ণ থাকে কেন ব্যাখ্যা কর।

[A house with straw roof keeps cool in summer and warm in winter. Explain why.] (H. S. 1964)

338. একটি ইস্পাতের ব্লককে 100°C উষ্ণতায় তুলিয়া একটি ঘরে ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হইল। 187 নং চিত্রের লেখচিত্রগুলির মধ্যে কোন্‌টি এই শীতলীভবন প্রক্রিয়াকে সঠিকভাবে প্রকাশ করে ?

চিত্র 187

[A block of steel heated to 100°C is left in a room to cool. Which of the curves shown in the Fig. 187 represents the correct cooling behaviour ?] (I. I. T., 1974)

339. আগুনের শিখার উপর ধরিলে পিতলের দণ্ডে জড়ান কাগজ কাঠের দণ্ডে জড়ান অনুরূপ কাগজ অপেক্ষা তাড়াতাড়ি পুড়িয়া যায়। ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

[A piece of paper wrapped tightly on a wooden rod is found to get charred quickly when held over a flame, compared to a similar piece of paper when wrapped on a brass rod Explain why.] (I. I. T. Adm. Test, 1974)

340. দুইটি থার্মোফ্লাস্কের উচ্চতা এবং আয়তন সমান। ইহাদের একটির প্রস্থচ্ছেদ বর্গাকার এবং অপরটির প্রস্থচ্ছেদ বৃত্তাকার। কোন্ থার্মোফ্লাস্কটি অপেক্ষাকৃত উৎকৃষ্ট ?

[Two themosflasks have the same height and capacity. One of them is of square cross-section and the other is of circular cross-section. Which one of them is better ?]

341. একই পদার্থের তৈয়ারী একই ভরবিশিষ্ট একটি গোলক, একটি ঘনক এবং একটি পাতলা বৃত্তাকার পাতকে প্রথমে 200°C উষ্ণতায় তোলা হইল। ঘরের উষ্ণতায় উহাদের মধ্যে কোন্‌টি সর্বাপেক্ষা দ্রুত এবং কোন্‌টি সর্বাপেক্ষা মন্থরভাবে শীতল হইতে থাকিবে ? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[A sphere, a cube and a thin circular plate, all made of the same material and having the same mass are initially heated to a temperature of 200°C. Which of these will cool fastest and which one slowest when left in air at room temperature ? Give reasons.] (I. I. T. Adm. Test, 1972)

342. কোন পাত্রের তলদেশ কালো এবং খস্‌খসে্ হইলে উহার নিচ হইতে একটি নির্দিষ্ট হারে তাপ সরবরাহ করিয়া ঐ পাত্রের জলকে অতি সহজে ফুটান যায়, কিন্তু পাত্রের তলদেশ ভালভাবে পালিশ করা থাকিলে তত সহজে জল ফুটান যায় না।

[By supplying heat at a constant rate below a metallic pot, the

water in the pot can be boiled quickly when its bottom is made black and rough but not so when the bottom is highly polished.]
(Jt. Entrance, 1974)

343. বরফ অপেক্ষা তুষার তাপের অধিকতর কুপরিবাহী কেন ?

[Why snow is a better insulator than ice ?]

344. উল অপেক্ষা বায়ু অধিকতর কুপরিবাহী। তাহা হইলে উলের কাপড় দিয়া দেহ ঢাকিয়া রাখিলে দেহ হইতে তাপ-নির্গমনের হার কমে কীরূপে ?

[Air is a better insulator than wool. How, then, does the rate of heat-loss from the body decrease if it is covered by a woollen cloth ?]

345. 'এক টুকরা সবুজ কাচকে একটি চুল্লীতে রাখিয়া উত্তপ্ত করিয়া যখন উহাকে বাহির করিয়া আনা হয় তখন উহা হইতে লাল আভাযুক্ত আলো নিঃসৃত হয়।' ব্যাখ্যা কর।

['When a piece of green glass is heated in a furnace and then taken out, it is found to glow with red light.' Explain.]

346. একটি পালিস্ করা ধাতব বলের উপর প্লাটিনাম ব্ল্যাকের একটি কালো দাগ দেওয়া হইল। বলটিকে চুল্লীতে রাখিয়া উহাকে প্রায় 1000°C উষ্ণতায় তোলা হইল এবং ইহার পর ঐ বলকে হঠাৎ অন্ধকার ঘরে চুল্লীর বাহিরে আনা হইল। দেখা যাইবে যে, বলের পৃষ্ঠের কালো দাগটিকে পালিস্-করা অংশ অপেক্ষা অনেক বেশি উজ্জ্বল দেখাইতেছে। ইহার কারণ কী ?

[A polished matel ball has a black spot formed by coating it with platinum black. The ball is heated to about 1000°C in a furnace and then suddenly taken out in a dark room. It will be found that the black spot is shining much more brilliantly than the polished surface. Why ?]

347 'শীত-নিবারক হিসাবে সমান বেধের দুইটি কাপড়ের আস্তরণ উহাদের দ্বিগুণ বেধের একটি কাপড়ের আস্তরণ অপেক্ষা ভাল।' ব্যাখ্যা কর।

[Two layers of cloth of equal thickness provide warmer covering than a single layer of cloth of double the thickness. Explain.]

348. বৈদ্যুতিক বাতির তন্তু নির্মাণে টাংস্ট্যান ব্যবহৃত হয় কেন ?

[Why are the filaments of the electric lamps made of tungsten ?]

349. গ্রীষ্মকালে কোন ঘর ঠাণ্ডা রাখিতে চাহিলে দিনের বেলা সব দরজা-জানালা বন্ধ করিয়া রাত্রিতে উহাদের খুলিয়া দিবে, নাকি ঘরের দরজা-জানালা সর্বক্ষণ খুলিয়া রাখিবে ?

[If you want to keep a room cold in summer, will you keep its doors and windows closed during day and open during night, or keep them always closed ?]

350. রান্নার পাত্রের তলদেশ মসৃণ, অমসৃণ, কালো বা সাদা—কোন্ প্রকার হওয়া দরকার কারণসহ লিখ।

[State with reasons what should be the nature of the bottom of a cooling vessel—smooth, rough, black or white.]

সমাধান

270. থার্মোমিটারের ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক নির্ধারণের সময় ব্যারোমিটারের পাঠ লওয়া একান্ত প্রয়োজন। নিম্নে ইহার কারণ ব্যাখ্যা করা হইল।

স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে (অর্থাৎ, 76 cm পারদস্তম্ভের চাপে) বিশুদ্ধ জল যে-উষ্ণতায় ফোটে তাহাকেই থার্মোমিটারের ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক ধরা হয়। আমরা জানি যে, উপরিস্থ চাপ পরিবর্তিত হইলে কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক পরিবর্তিত হয়। প্রতি 27 mmHg চাপের পরিবর্তনে বিশুদ্ধ জলের স্ফুটনাঙ্কের $1^\circ C$ পরিবর্তন ঘটে। কাজেই, পরীক্ষাকালে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ 76 cmHg না হইলে ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক নির্ভুল হইবে না। এই সময় ব্যারোমিটারের পাঠ দেখিয়া প্রয়োজনীয় সংশোধন প্রয়োগ করিয়া এই ত্রুটি এড়ান যায়। থার্মোমিটারের নিম্নস্থিরাঙ্ক নির্ধারণের সময় ব্যারোমিটারের পাঠ লওয়ার প্রয়োজন হয় না। ইহার কারণ এই যে, বায়ুমণ্ডলীয় চাপের পরিবর্তনের ফলে বরফের গলনাঙ্কের যে-পরিবর্তন ঘটে তাহা উপেক্ষণীয়। 1 bar চাপের পরিবর্তনের ফলে বরফের গলনাঙ্কের পরিবর্তন হয় মাত্র $0{\cdot}0073^\circ C$।

271. যে-থার্মোমিটারটির কুণ্ড বৃহদাকার উহাতে বেশি পরিমাণ তরল থাকে। কাজেই, এই কুণ্ডের উষ্ণতার হ্রাস-বৃদ্ধি করিতে হইলে যথেষ্ট পরিমাণ তাপের আদান-প্রদান প্রয়োজন। এই থার্মোমিটারের কুণ্ডকে অপেক্ষাকৃত উষ্ণ কোন পরীক্ষাধীন বস্তুর (অর্থাৎ, যে-বস্তুর উষ্ণতা মাপিতে হইবে উহার) সংস্পর্শে আনিলে ঐ কুণ্ডটি বস্তু হইতে যথেষ্ট পরিমাণ তাপ শোষণ করিয়া লয়। ইহাতে পরীক্ষাধীন বস্তুর উষ্ণতা হ্রাস পায়। কিন্তু এক্ষেত্রে কুণ্ডের তরলের পরিমাণ বেশি বলিয়া উহার প্রসারণও বেশি হইবে। ফলে থার্মোমিটার সুবেদী হইবে। অর্থাৎ, ইহার সাহায্যে ক্ষুদ্র উষ্ণতার ব্যবধানও সহজে মাপা যাইবে। থার্মোমিটার নলের ব্যাস যত কম হইবে একই উষ্ণতা-বৃদ্ধির জন্য নলের তরলস্তম্ভ নল বাহিয়া তত উপরে উঠিবে। ফলে নল যত সরু হইবে থার্মোমিটার তত সুবেদী হইবে।

272. মানবদেহের স্বাভাবিক উষ্ণতা $98{\cdot}4^\circ F$। ডাক্তারী থার্মোমিটারে সাধারণত $95^\circ F$ হইতে $110^\circ F$ পর্যন্ত দাগ কাটা থাকে, কেননা, মানবদেহের উষ্ণতা $95^\circ F$ অপেক্ষা কম বা $110^\circ F$ অপেক্ষা বেশি হয় না। ফুটন্ত জলের উষ্ণতা $212^\circ F$। এই উষ্ণতা ডাক্তারী থার্মোমিটারের উষ্ণতার পাল্লার ঊর্ধ্বসীমা অপেক্ষা অনেক বেশি। ফুটন্ত জলের সাহায্যে এই থার্মোমিটারটিকে পরিষ্কার করিলে উহার কুণ্ডের পারদের উষ্ণতা $110^\circ F$ অপেক্ষা অনেক বেশি হয়। ইহাতে পারদের আয়তনের যে-প্রসারণ ঘটে থার্মোমিটারের নলে সেই পরিমাণ শূন্যস্থান না থাকিলে পারদের প্রসারণের ফলে ঐ নলে প্রচণ্ড চাপ পড়ে। এই চাপের ফলে থার্মোমিটারের নল ফাটিয়া যায় এবং থার্মোমিটারটি ব্যবহারের অযোগ্য হইয়া পড়ে।

273. জলের উপরিস্থ চাপ যখন স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান অর্থাৎ 76 cm পারদস্তম্ভের চাপের সমান, তখন জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C। উপরিস্থ চাপ বাড়িলে স্ফুটনাঙ্ক বাড়ে, উপরিস্থ চাপ কমিলে জলের স্ফুটনাঙ্ক কমে। সুতরাং, বায়ুমণ্ডলের চাপ স্বাভাবিক চাপ অপেক্ষা বেশি না কম—একটি থার্মোমিটারের সাহায্যে তাহা নির্ণয় করা যায়। যদি দেখা যায় যে, জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C অপেক্ষা বেশি, তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, জলের উপরিস্থ চাপ অর্থাৎ তৎকালীন বায়ুমণ্ডলীয় চাপ স্বাভাবিক চাপ (76 cm পারদস্তম্ভের চাপ) অপেক্ষা বেশি। আর, যদি দেখা যায় যে, জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C অপেক্ষা কম তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, বায়ুমণ্ডলের চাপ স্বাভাবিক চাপ অপেক্ষা কম।

274. আমরা জানি যে, আয়তন নির্দিষ্ট হইলে অন্যান্য জ্যামিতিক আকারের বস্তু অপেক্ষা গোলকাকার বস্তুর পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল সর্বনিম্ন। কাজেই গোলকাকার কুণ্ড অপেক্ষা বেলনাকার কুণ্ডটির পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল বেশি। ইহার ফলে বেলনাকার কুণ্ডটির মধ্য দিয়া দ্রুততর হারে তাপ পরিবাহিত হয়। ফলে গোলকাকার কুণ্ড-বিশিষ্ট থার্মোমিটার অপেক্ষা বেলনাকার কুণ্ডবিশিষ্ট থার্মোমিটারটি অপেক্ষাকৃত তাড়াতাড়ি উষ্ণতার পরিবর্তন নির্দেশ করে।

275. (i) ডাক্তারী থার্মোমিটারের পাল্লা 95°F হইতে 110°F—কেননা মানবদেহের উষ্ণতা 95°F অপেক্ষা কম, কিংবা 110°F অপেক্ষা বেশি হয় না। ডাক্তারী থার্মোমিটার একটি গরিষ্ঠ থার্মোমিটার। এই থার্মোমিটারের গঠনের বৈশিষ্ট্য এই যে, ইহার পারদের কুণ্ডটির ঠিক উপরে এবং উষ্ণতায় স্কেলটির নিচে কৈশিক নলটিকে সামান্য একটু বাঁকাইয়া রাখা হয়। ইহা পারদের যাতায়াতের পথে একটি বাধার ন্যায় ক্রিয়া করে। কুণ্ডের পারদের উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে পারদ প্রসারিত হয়। এই সময় নলের পারদ-সূত্রটি সহজেই কৈশিক নলের গা বাহিয়া উপরে উঠিয়া যায়। কুণ্ডটি শীতল হইলে পারদ সঙ্কুচিত হয়। পারদের একই সঙ্কোচনের সময় বাঁকান রন্ধ্রপথের নিম্নাংশ কুণ্ডের দিকে নামিয়া আসে, কিন্তু কুণ্ডের উপরের অংশ রন্ধ্রপথ দিয়া কুণ্ডে ফিরিয়া আসিতে পারে না। ফলে উষ্ণতার সর্বোচ্চ পাঠ অপরিবর্তিত থাকে। তাই নীতিগতভাবে এই থার্মোমিটারের সাহায্যে সারাদিনের সর্বনিম্ন উষ্ণতা মাপা সম্ভব নয়, তবে সর্বোচ্চ উষ্ণতা মাপা সম্ভব। কিন্তু সর্বোচ্চ উষ্ণতা 95°F হইতে 110°F-এর মধ্যে থাকিবে এমন কোন কথা নাই। যদি দিনের সর্বোচ্চ উষ্ণতা ডাক্তারী থার্মোমিটারের উষ্ণতার পাল্লার মধ্যে থাকে, তবেই এ থার্মোমিটারের সাহায্যে দিনের সর্বোচ্চ উষ্ণতা মাপা যাইবে।

(ii) স্বাভাবিক চাপে ফুটন্ত জলের উষ্ণতা 100° সেলসিয়াস বা, 212°F ফারেনহাইট। কিন্তু ডাক্তারী থার্মোমিটারের পাল্লা 95°F হইতে 110°F। কাজেই, ইহার সাহায্যে 110°F অপেক্ষা অধিক উষ্ণতা মাপা সম্ভব নয়। ফুটন্ত জলের উষ্ণতা 212°F ; এই উষ্ণতা 110°F অপেক্ষা অনেক বেশি বলিয়া এই উষ্ণতা-মাপিবার জন্য ডাক্তারী থার্মোমিটার ব্যবহার করা যায় না।

276. পারদের স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা বেশি উষ্ণতা পর্যন্ত মাপিবার জন্য যে-পারদ থার্মোমিটারে ব্যবহৃত হয় উহাতে পারদের উপরে প্রায় 14 bar চাপে নাইট্রোজেন গ্যাস থাকে। ইহাতে পারদের স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়।

277. ধরি, $68^\circ F = x^\circ C$

তাহা হইলে লেখা যায়, $\dfrac{x}{5} = \dfrac{68-32}{9}$

$$\text{বা,}\quad x = 20$$

সুতরাং, $68^\circ F = 20^\circ C$ $\quad\cdots\quad$ (i)

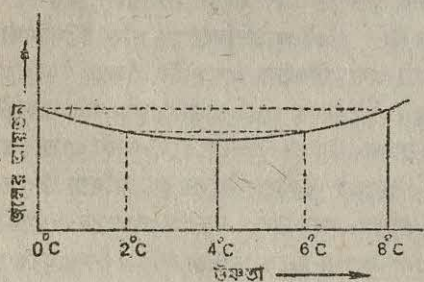
আবার, 36 ফারেনহাইট ডিগ্রী $= 36 \times \frac{5}{9} = 20$ সেলসিয়াস ডিগ্রী

সুতরাং, ফারেনহাইট স্কেলের পরিবর্তে উষ্ণতার সেলসিয়াস স্কেল ব্যবহার করিয়া আলোচ্য উক্তিটিকে নিম্নরূপে লেখা যায় :

"একটি তাপক-সংস্থায় 20°C উষ্ণতায় যে-জল প্রবেশ করে ঐ সংস্থা সেই জলের উষ্ণতা 20 সেলসিয়াস ডিগ্রী বৃদ্ধি করে।"

278. কোন পদার্থের আয়তন প্রসারণ নিয়মানুগ (regular) না হইলে উহাকে উষ্ণতামাপক পদার্থ হিসাবে ব্যবহার করা যায় না। 0°C হইতে 4°C উষ্ণতায় পাল্লায় জলের প্রসারণ নিয়মানুগ নয়। 0°C হইতে 4°C উষ্ণতার পর হইতে উষ্ণতা-বৃদ্ধির সহিত জলের আয়তন কমিতে থাকে।

চিত্র 188

লক্ষণীয় যে, এই উষ্ণতার পাল্লায় দুইটি বিভিন্ন উষ্ণতায় জলের আয়তন একই হইতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, 0°C এবং 8°C উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের আয়তন সমান। অনুরূপভাবে 2°C এবং 6°C উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের আয়তন প্রায় সমান (চিত্র 188)। 4°C উষ্ণতার সর্বনিম্ন আয়তন ভিন্ন অন্য যে-কোন আয়তনই দুইটি বিভিন্ন উষ্ণতা নির্দেশ করে। কাজেই, 0°C হইতে 8°C উষ্ণতার মধ্যে দুইটি বিভিন্ন উষ্ণতায় জলের আয়তন সমান হইতে পারে। সুতরাং, জল ব্যবহার করিয়া কোন থার্মোমিটার নির্মাণ করিলে 0°C হইতে 8°C উষ্ণতার পাল্লায় দুইটি উষ্ণতায় থার্মোমিটারের পাঠ একই হইতে পারে। 0°C হইতে 8°C উষ্ণতার পাল্লার জল-থার্মোমিটার 4°C ব্যতীত অন্য কোন উষ্ণতা দ্ব্যর্থহীনভাবে নির্দেশ করিতে পারে না। সুতরাং বুঝা যাইতেছে যে, 0°C হইতে 8°C উষ্ণতার মধ্যে জলকে উষ্ণতামাপক পদার্থ হিসাবে ব্যবহার করা যায় না।

279. (i) AB এবং CD অংশদ্বয় অনুভূমিক বলিয়া এই দুই ক্ষেত্রে তাপ-প্রয়োগ সত্ত্বেও পদার্থের উষ্ণতার কোন পরিবর্তন ঘটে না। অর্থাৎ, এই দুই ক্ষেত্রে পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন ঘটিতেছে। AB অংশে কঠিন পদার্থ গলিয়া তরলে পরিণত হয় এবং CD অংশে পদার্থ তরল অবস্থা হইতে বাষ্পীভূত হইয়া গ্যাসীয় অবস্থায় চলিয়া যায়।

(ii) CD অংশের দৈর্ঘ্য AB অংশের দৈর্ঘ্যের দ্বিগুণ বলিয়া সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, আলোচ্য পদার্থের বাষ্পীভবনের লীন তাপের মান উহার গলনের লীন তাপের দ্বিগুণ।

(iii) লেখচিত্রের DE অংশের নতি হইতে গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের তাপগ্রাহিতার মান পাওয়া যায়।

(iv) BC অংশের নতি (slope) অপেক্ষা OA অংশের নতি বেশি হইবার অর্থ এই যে, একই হারে তাপ গ্রহণ করিয়া কঠিন অবস্থায় পদার্থের যে-হারে উষ্ণতা-বৃদ্ধি হয় তরল-অবস্থায় উষ্ণতা-বৃদ্ধির হার তদপেক্ষা কম। অর্থাৎ, কঠিন অবস্থায় পদার্থটির আপেক্ষিক তাপের যে-মান হইবে তরল অবস্থায় উহার মান তদপেক্ষা বেশি।

280. যখন লবণ দ্রবীভূত হয় তখন উহার কেলাসের পরমাণুর বিন্যাস ভাঙিয়া যায়। এই প্রক্রিয়ায় যে-শক্তি প্রয়োজন তাহা দ্রাবক (solvent) হইতে শোষিত হয় বলিয়া দ্রবণের উষ্ণতা হ্রাস পায়। দ্রবীভূত হইবার সময় কোন দ্রাব্য (solute)-কর্তৃক শোষিত এই তাপকে দ্রবীভবনের তাপ (heat of solution) বলা হয়। বড় কেলাস ভাঙিয়া গুঁড়া করিবার সময় কেলাসের আভ্যন্তরীণ পারমাণবিক বন্ধনগুলি আংশিকভাবে ছিন্ন হয় এবং এই সময় কিছু পরিমাণ শক্তি ব্যয়িত হয়। কাজেই, লবণের বড় কেলাসের পরমাণুগুলির বিন্যাস ভাঙিয়া উহাদিগকে দ্রবণে মিশাইতে যে-শক্তি প্রয়োজন একই ভরবিশিষ্ট মিহি লবণের গুঁড়াকে দ্রবীভূত করিতে তদপেক্ষা কম শক্তি প্রয়োজন। সুতরাং, দুই পাত্রে একই উষ্ণতাবিশিষ্ট সমপরিমাণ জল লইয়া প্রথমটিতে বড় বড় লবণের কেলাস গলাইলে এবং দ্বিতীয়টিতে একই ভরবিশিষ্ট মিহি লবণের গুঁড়া গলাইলে দ্বিতীয় পাত্রের দ্রবণের উষ্ণতা অপেক্ষাকৃত বেশি হইবে।

281. (i) জলে চিনি ফেলিলে উহা গলিয়া যাইবে। গলনের সময় চিনি জল হইতে গলনের লীন তাপ (heat of solution) শোষণ করে। কাজেই তাপের ঐ শোষণ হিসাবের মধ্যে না ধরিয়া 'শীতল বস্তু-কর্তৃক গৃহীত তাপ=উষ্ণ বস্তু-কর্তৃক বর্জিত তাপ'—এইরূপ লেখা যায় না।

(ii) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সর্বদা তাপ শোষিত কিংবা উদ্ভূত হয়। কাজেই, কঠিন এবং তরল যদি পরস্পরের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটায় তাহা হইলে ক্যালরিমিটারের অভ্যন্তরে তাপশক্তি উদ্ভূত বা শোষিত হয়। উদ্ভূত বা শোষিত তাপকে হিসাবের মধ্যে না ধরিয়া 'গৃহীত তাপ=বর্জিত তাপ'—এইরূপ লেখা যায় না।

(iii) ক্যালরিমিটারটিকে যদি বায়ুতে উন্মুক্ত অবস্থায় রাখা যায় তবে পরিপার্শ্বের সহিত ক্যালরিমিটারের তাপের আদান-প্রদান হইবে। ক্যালরিমিটার

এবং উহার মধ্যবর্তী তরলের উষ্ণতা ঘরের উষ্ণতা অপেক্ষা বেশি হইলে পরিবহণ, পরিচলন এবং বিকিরণ পদ্ধতিতে কিছু পরিমাণ তাপ ক্যালরিমিটার হইতে বাহির হইয়া আসে। আবার, যদি ক্যালরিমিটার এবং উহার মধ্যবর্তী তরল বা মিশ্রণের উষ্ণতা ঘরের উষ্ণতা অপেক্ষা কম হয় তাহা হইলে বাহির হইতে কিছু পরিমাণ তাপ ক্যালরিমিটারে আসিবে। ক্যালরিমিটারকে বায়ুতে উন্মুক্ত অবস্থায় রাখিলে অর্থাৎ পরিবহণ, পরিচলন এবং বিকিরণ পদ্ধতিতে ক্যালরিমিটারের সহিত বাহিরের তাপ আদান-প্রদান বন্ধ করিতে না পারিলে 'শীতল বস্তু-কর্তৃক গৃহীত তাপ=উষ্ণ বস্তু-কর্তৃক বর্জিত তাপ'—এইরূপ লেখা যায় না।

282. ক্যালরিমিটারের বিভিন্ন অংশের উষ্ণতা অতি দ্রুত সমান হওয়া প্রয়োজন। ধাতব পদার্থের তাপ-পরিবাহিতা বেশি বলিয়া ধাতু-নির্মিত ক্যালরিমিটারে অতি দ্রুত উষ্ণতার সমতা প্রতিষ্ঠিত হয়। কাচের তাপ-পরিবাহিতা কম বলিয়া ইহার কোন অংশের উষ্ণতার পরিবর্তন হইলে সমগ্র ক্যালরিমিটারে উষ্ণতার সমতা প্রতিষ্ঠিত হইতে যথেষ্ট সময় লাগে। ইহা ছাড়া, কাচ অপেক্ষা ধাতব পদার্থের আপেক্ষিক তাপ কম। ইহার ফলে কাচ-নির্মিত ক্যালরিমিটার অপেক্ষা ধাতুনির্মিত ক্যালরিমিটারের জলসম কম হয়। কাজেই, ধাতুনির্মিত ক্যালরিমিটারের সাহায্যে পরীক্ষা করিলে ক্যালরিমিতি-সম্বন্ধীয় পরিমাপের ত্রুটি কম হয়।

বিকিরণের ফলে ক্যালরিমিটার হইতে যত কম তাপ বাহির হইয়া যায় তত সুবিধাজনক। এই দিক হইতে বিচার করিলেও ক্যালরিমিটারের উপাদান হিসাবে কাচ হইতে ধাতু অধিকতর উপযোগী। ইহার কারণ এই যে, কাচ অপেক্ষা ধাতব পদার্থ অনেক কম বিকিরণ করে।

283. কঠিন ও তরল পদার্থের তুলনায় গ্যাসীয় পদার্থ অনেক বেশি সম্প্রসারণশীল। কঠিন ও তরলের উষ্ণতা বৃদ্ধির আলোচনায় চাপ ও আয়তনের প্রভাব বিবেচনা করিবার প্রয়োজন হয় না। গ্যাসের ক্ষেত্রে চাপ ও আয়তনের প্রভাব এত গুরুত্বপূর্ণ যে, গ্যাসীয় পদার্থের উষ্ণতাবৃদ্ধি বিবেচনা করিবার সময় চাপ ও আয়তনের প্রভাব উপেক্ষা করা যায় না। কোন গ্যাসের আয়তন স্থির রাখিয়া উহার উষ্ণতা সামান্য বৃদ্ধি করিলেই উহার চাপ বৃদ্ধি পায়। চাপ স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উহার আয়তন বৃদ্ধি পায়। এই সময় গ্যাস প্রসারিত হইবার ফলে কিছুটা বাহ্যিক কার্য করে। স্পষ্টতই দেখা যাইতেছে যে, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন স্থির রাখিয়া উহার উষ্ণতা 1°C বৃদ্ধি করিতে হইলে উহাকে যে-পরিমাণ তাপ দিতে হইবে, চাপ স্থির রাখিয়া উহার উষ্ণতা 1°C বৃদ্ধি করিতে হইলে সেই পরিমাণ তাপ দিলে চলিবে না। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, বাহ্যিক কার্য হয় বলিয়া কিছুটা বেশি তাপের প্রয়োজন হয়। কাজেই দেখা যাইতেছে যে, গ্যাসের আপেক্ষিক তাপ দুইটি। কঠিন ও তরলের ক্ষেত্রে উষ্ণতা-বৃদ্ধির সহিত আয়তন বৃদ্ধি উপেক্ষণীয় বলিয়া উহাদের ক্ষেত্রে একাধিক আপেক্ষিক তাপের কল্পনা করিবার প্রয়োজন হয় না।

284. স্থির আয়তনে গ্যাসের উষ্ণতা বৃদ্ধি করিবার সময় গ্যাস কোন বাহ্যিক কার্য করে না, সুতরাং গৃহীত তাপের সবটুকুই ব্যয়িত হয় গ্যাসের উষ্ণতা-বৃদ্ধিতে বা অন্তঃশক্তি-বৃদ্ধিতে। কিন্তু স্থির চাপে গ্যাসের উষ্ণতা বৃদ্ধি করিবার সময় গ্যাস আয়তনে বাড়ে। সুতরাং, গ্যাস এই সময় কিছু পরিমাণ বাহ্যিক কার্য করে। এক্ষেত্রে গ্যাসকে যে-তাপ দেওয়া হয় উহার একাংশ মাত্র গ্যাসের উষ্ণতা বা অন্তঃশক্তি বৃদ্ধির জন্য ব্যয়িত হয়, বাকি অংশ ব্যয়িত হয় বাহ্যিক কার্য করিতে। কাজেই এক্ষেত্রে অন্তঃশক্তি-বৃদ্ধির তুল্য শক্তি সরবরাহ করিলেই চলিবে না, বাহ্যিক কার্য করিবার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তিও যোগাইতে হইবে। অর্থাৎ, স্থির আয়তনে উষ্ণতা বৃদ্ধি করিতে গ্যাস বাহির হইতে যে-তাপ গ্রহণ করিবে, স্থির চাপে একই উষ্ণতা বৃদ্ধি করিতে তাহা অপেক্ষা বেশি তাপ গ্রহণ করিবে। কাজেই, স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপ অপেক্ষা বেশি হইবে।

285. সীসার আপেক্ষিক তাপ অপেক্ষা লোহার আপেক্ষিক তাপ বেশি। কাজেই, 100°C হইতে বরফের গলনাঙ্কে (অর্থাৎ, 0°C উষ্ণতায়) আসিতে এক পাউণ্ড সীসা অপেক্ষা এক পাউণ্ড লোহা বেশি তাপ ছাড়িবে। সীসা অপেক্ষা বেশি তাপ ছাড়ে বলিয়া লোহা সীসা অপেক্ষা বেশি বরফ গলাইতে সমর্থ হইবে। ইহার ফলে সীসা অপেক্ষা লোহা বরফের মধ্যে অপেক্ষাকৃত বেশি গভীরতা পর্যন্ত ঢুকিবে।

286. মনে করি, একই রকম দুইটি কেটলির একটিতে m ভরবিশিষ্ট জল এবং অপরটিকে m ভরবিশিষ্ট দুধ লওয়া হইল। উহাদিগকে পাশাপাশি আগুনের উপর স্থাপন করা হইয়াছে। কাজেই ধরিয়া লওয়া যায় যে, জল এবং দুধ একই হারে তাপ শোষণ করিতেছে। মনে করি, প্রতি সেকেণ্ডে m ভরের জল-কর্তৃক বা m ভরের দুধ-কর্তৃক শোষিত তাপ = H

জলের আপেক্ষিক চাপ s_1 এবং প্রতি সেকেণ্ডে উষ্ণতা-বৃদ্ধি θ_1 হইলে লেখা যায়, $H=ms_1\theta_1$ ... (i)

অনুরূপভাবে, দুধের অপেক্ষিক তাপ s_2 এবং প্রতি সেকেণ্ডে উষ্ণতা-বৃদ্ধি θ_2 হইলে লেখা যায়, $H=m_2\theta_2$ ... (ii)

(i) এবং (ii) হইতে লেখা যায়, $ms_1\theta_2=ms_2\theta_2$

বা, $s_1\theta_1=s_2\theta_2$ ... (iii)

আমরা জানি যে, দুধের আপেক্ষিক তাপ অপেক্ষা জলের আপেক্ষিক তাপ বেশি।

অর্থাৎ, $s_1>s_2$ ... (iv)

(iii) এবং (iv) হইতে পাই, $s_2>\theta_1$

অর্থাৎ, দুধের উষ্ণতা-বৃদ্ধির হার জলের উষ্ণতা-বৃদ্ধির হার অপেক্ষা বেশি।

287. আলোড়কসহ একটি পরিষ্কার এবং শুষ্ক ক্যালরিমিটার লইয়া একটি তুলাযন্ত্রের সাহায্যে ইহাদের ভর মাপা হইলে। মনে করি, ক্যালরিমিটার ও আলোড়কের ভর m gm। ইহার পর পরীক্ষাধীন জলকে ক্যালরিমিটারে লইয়া আলোড়কসহ জলপূর্ণ ক্যালরিমিটারের ভর মাপা হইল। মনে করি, এই ভরের মান m' gm। কাজেই, পরীক্ষাধীন জলের ভর $=(m'-m)=m_1$ gm (ধরি)।

অপর একটি পাত্রে কিছু পরিমাণ জল ফুটান হইল। ইহার পর এই পাত্র হইতে উপযুক্ত পরিমাণ ফুটন্ত জল ক্যালরিমিটারে ঢালা হইল। ব্যবহৃত ফুটন্ত জলের পরিমাণ এইরূপ হওয়া প্রয়োজন যাহাতে ক্যালরিমিটারে মিশ্রণের অন্তিম উষ্ণতা (θ°C)-এর মান 50°C অপেক্ষা বেশি হয়; সরবরাহিত থার্মোমিটারের সাহায্যে মিশ্রণের অন্তিম উষ্ণতা θ°C-এর মান মাপিয়া লওয়া হইল। ইহার পর তুলাযন্ত্রের সাহায্যে আলোড়ক ও মিশ্রণসহ ক্যালরিমিটারের ভর মাপা হইল। মনে করি, এই ভর$=m''$ gm। সুতরাং, ব্যবহৃত ফুটন্ত জলের ভর$=(m''-m')=m_2$ gm (ধরি)।

মনে করি, আলোড়কসহ ক্যালরিমিটারের জলসম $=\omega$ gm এবং ফুটন্ত জলের উষ্ণতা $=100$°C এবং পরীক্ষাধীন জলের নির্ণেয় উষ্ণতা$=t$°C

$\therefore$ ফুটন্ত জল-কর্তৃক বর্জিত তাপ $=m_2\ (100-\theta)$ cal

এবং পরীক্ষাধীন শীতল জল-কর্তৃক গৃহীত তাপ $=m_1\ (\theta-t)$ cal

আবার, আলোড়ক- ও ক্যালরিমিটার-কর্তৃক গৃহীত তাপ$=\omega\times(\theta-t)$

ক্যালরিমিতির মূলনীতি-অনুসারে, গৃহীত তাপ=বর্জিত তাপ

$$\therefore\quad (m_1+\omega)\,(\theta-t)=m_2\ (100-\theta)$$

$$\text{বা,}\quad t=\left\{\theta+\frac{m_2\ (100-\theta)}{m_1+\omega}\right\}^\circ\text{C}$$

সুতরাং, মিশ্রণের অন্তিম উষ্ণতা θ°C (>50°C) মাপিয়া ক্যালরিমিতির পদ্ধতিতে পরীক্ষাধীন জলের উষ্ণতা t°C নির্ধারণ করা যায়।

288. ক্যালরিমিতির পরীক্ষায় জল ব্যবহার করা খুব সুবিধাজনক নহে। ক্যালরিমিটারে ব্যবহৃত তরলের আপেক্ষিক তাপ কম হওয়া প্রয়োজন যাহাতে সামান্য তাপ শোষণ বা বর্জন করিয়াই ইহার উষ্ণতার পরিমাপযোগ্য (measurable) হ্রাস বা বৃদ্ধি হইতে পারে। জলের আপেক্ষিক তাপের মান বেশি বলিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ উষ্ণতা-বৃদ্ধি করিতে ইহাকে বেশি তাপ দিতে হয়। ক্যালরিমিটারে ব্যবহৃত তরল যত কম উদ্বায়ী হইবে তত সুবিধাজনক। এইজন্য যে-তরলের স্ফুটনাঙ্ক বেশি সেই তরল ব্যবহার করাই অধিকতর সুবিধাজনক, এইজন্য ক্যালরিমিতির পরীক্ষায় জল ব্যবহার না করিয়া কম আপেক্ষিক তাপবিশিষ্ট এবং উচ্চ স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট তেল ব্যবহৃত হয়। এক্ষেত্রে জল অপেক্ষা ক্যাস্টর অয়েলের ব্যবহার সুবিধাজনক।

289. অ্যালুমিনিয়ামের গোলক এবং সীসার গোলকের ভর অভিন্ন। ইহাদের উভয়ের প্রাথমিক উষ্ণতা ঘরের উষ্ণতার সমান এবং অন্তিম উষ্ণতা ন্যাপথালিনের গলনাঙ্কের সমান। কাজেই, এক্ষেত্রে উভয় গোলকের উষ্ণতা-বৃদ্ধির সমান।

কোন পদার্থের নির্দিষ্ট পরিমাণ উষ্ণতা বৃদ্ধি ঘটিলে উহা যে-পরিমাণ তাপ শোষণ করিয়াছে তাহা নিম্নের সমীকরণ হইতে পাওয়া যায়:

শোষিত তাপ $=$ভর$\times$আপেক্ষিক তাপ$\times$উষ্ণতা-বৃদ্ধি

আলোচ্য গোলক দুইটির ক্ষেত্রে ভর এবং আপেক্ষিক তাপ সমান বলিয়া প্রতিটি গোলক-কর্তৃক শোষিত তাপ উহার আপেক্ষিক তাপের সমানুপাতিক। অর্থাৎ,

যে-গোলকের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বেশি সেই গোলকটি গলন্ত ন্যাপথালিন হইতে তত বেশি তাপ শোষণ করিবে। আবার, যে-গোলক যত বেশি তাপ শোষণ করিবে উহার উপর তত বেশি ন্যাপথালিন কঠিনীভূত হইয়া জমা হইবে, কেননা গোলক-কর্তৃক ন্যাপথালিনের লীন তাপ শোষিত হইবার ফলে উহা কঠিনে পরিণত হইয়া গোলকের উপর জমা হয়। আলোচ্য প্রশ্নানুসারে, সীসার গোলকের উপর জমাট-বাধা ন্যাপথালিন অপেক্ষা অ্যালুমিনিয়ামের গোলকের উপর জমাট-বাধা ন্যাপথালিনের ওজন অপেক্ষাকৃত বেশি। ইহার তাৎপর্য এই যে, সীসার আপেক্ষিক তাপ অপেক্ষা অ্যালুমিনিয়ামের আপেক্ষিক তাপ বেশি।

290. লোহার আপেক্ষিক তাপ 0·11 এবং জলের আপেক্ষিক তাপ 1 ; জলের আপেক্ষিক তাপ লোহার আপেক্ষিক তাপ অপেক্ষা অনেক বেশি বলিয়া 100°C হইতে দেহের উষ্ণতায় আসিতে জল যে-পরিমাণ তাপ ছাড়িবে, লৌহখণ্ড তদপেক্ষা অনেক কম তাপ ছাড়িবে। ইহা ছাড়া, লোহা তাপের সুপরিবাহী বলিয়া দেহের সংস্পর্শে আসিলে উহা হইতে তাপ অতি দ্রুত দেহে আসিতে থাকে, ইহাতে গা পুড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে। কিন্তু রবারের ব্যাগ এবং জল তাপের কুপরিবাহী বলিয়া গরম জলভরা রবারের ব্যাগ হইতে ধীরে ধীরে তাপ বাহির হইয়া দেহে প্রবেশ করে। ফলে জলভরা রবারের ব্যাগ অনেকক্ষণ দেহে তাপ সরবরাহ করিতে পারে এবং ইহাতে দেহ পুড়িয়া যাইবার সম্ভাবনাও থাকে না।

কাজেই, গরম লৌহখণ্ড অপেক্ষা গরম জলভরা রবারের ব্যাগই দেহ গরম রাখিবার পক্ষে অধিকতর উপযোগী।

291. অন্যান্য তরলের তুলনায় জলের আপেক্ষিক তাপ বেশি। কাজেই একই পরিমাণ উষ্ণতা হ্রাস কালে জল সম-পরিমাণ অন্যান্য তরল অপেক্ষা বেশি তাপ ছাড়ে। সুতরাং, একটি নির্দিষ্ট হারে তাপ ছাড়িলে অন্যান্য তরলের তুলনায় সমান ভরের জলের উষ্ণতা-হ্রাসের হার কম হয়। কাজেই সেঁক দিবার বোতলে অন্যান্য তরল না ভরিয়া জল ভরিলে উহার সাহায্যে অপেক্ষাকৃত বেশি সময় ধরিয়া সেঁক দেওয়া যায়।

292. প্রতি গ্রাম জলকে 0°C হইতে 100°C উষ্ণতায় (অর্থাৎ, স্ফুটনাঙ্কে) আনিতে 100 ক্যালরি তাপ সরবরাহ করিতে হয়। কিন্তু স্ফুটনাঙ্কে প্রতি গ্রাম জলকে বাষ্পে পরিণত করিতে হইলে প্রায় 540 ক্যালরি তাপ সরবরাহ করিতে হয়। কাজেই দেখা যাইতেছে যে, তাপ-সরবরাহের হার অপরিবর্তিত থাকিলে 0°C উষ্ণতার কিছু পরিমাণ জলকে স্ফুটনাঙ্কে আনিতে যে-সময় লাগিবে ঐ জলকে ফুটাইয়া বাষ্পে পরিণত করিতে উহার প্রায় সাড়ে পাঁচগুণ সময় লাগিবে।

293. প্রতি গ্রাম বরফ গলিয়া জলে পরিণত হইতে প্রায় 80 ক্যালরি লীন তাপ শোষণ করে। এইজন্য, কোন পানীয় শীতল করিবার জন্য বরফ-গলা জল অপেক্ষা বরফ-খণ্ড অনেক বেশি কার্যকর।

294. একটি বৃহদাকার গলন্ত বরফখণ্ডের মধ্যবর্তী একটি গর্তে কিছু পরিমাণ জল রাখিলে ঐ জল কখনও বরফে পরিণত হইতে পারে না। গলন্ত বরফের উষ্ণতা

0°C। বরফখণ্ডের গর্তে গৃহীত জলের প্রাথমিক উষ্ণতা 0°C অপেক্ষা বেশি হইলে জলের সংস্পর্শে কিছু পরিমাণ বরফ গলিয়া যাইবে এবং পরিশেষে বরফখণ্ডের গর্তের জলের উষ্ণতা 0°C-এ পৌঁছিবে। এই সময় বরফ এবং জলের উষ্ণতা সমান। 0°C উষ্ণতার জলকে 0°C উষ্ণতার বরফে পরিণত করিতে হইলে উহা হইতে লীন তাপ শোষণ করিতে হইবে। কিন্তু এই সময় বরফ এবং জলের উষ্ণতা সমান বলিয়া উহাদের মধ্যে কোনরূপ তাপ-আদান-প্রদান ঘটে না। কাজেই, বরফ খণ্ডের মধ্যবর্তী জল লীন তাপ বর্জন করিতে পারে না, ফলে ঐ জল জমিয়া বরফও হইতে পারে না।

295. চন্দ্রপৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডল নাই। কাজেই, থার্মোফ্লাস্ক হইতে কোন কাচের বীকারে জল ঢালিলে ঐ জলের উপরিতলে জলীয় বাষ্প ছাড়া অন্য কোন গ্যাসীয় পদার্থ উহার উপর চাপ প্রয়োগ করিবে না। আমরা জানি যে, যে-উষ্ণতায় কোন তরলের সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ তরলের উপরিস্থ চাপের সমান সেই উষ্ণতায় তরলের স্ফুটন ঘটে। চন্দ্রপৃষ্ঠে কোন বীকারের জলের ঠিক উপরে সামান্য জলীয় বাষ্প ছাড়া অন্য কোন গ্যাসীয় পদার্থ থাকে না বলিয়া ঐ জলের উপরিতলে ক্রিয়াশীল চাপ 20°C উষ্ণতার জলের সম্পৃক্ত চাপ অপেক্ষা বেশি হইতে পারে না। কাজেই, বীকারের জল ফুটিতে থাকিবে। এই প্রক্রিয়ায় জল দ্রুত বাষ্পীভূত হইতে থাকিবে। বাষ্পীভবনের জন্য প্রয়োজনীয় লীন তাপ জল হইতেই শোষিত হইবে বলিয়া জলের উষ্ণতাও হ্রাস পাইতে থাকিবে। এক সময় জলের উষ্ণতা হিমাঙ্কে নামিয়া আসিবে এবং বাষ্পায়নের লীন তাপ হারাইয়া বরফে পরিণত হইবে।

296. ঈষদ্-উষ্ণ জলে ডুবাইবার পর হাতটিকে উন্মুক্ত বায়ুতে রাখিলে সিক্ত হাত হইতে জল বাষ্পীভূত হইতে থাকে। জলের বাষ্পীভবনের জন্য যে-লীন তাপ প্রয়োজন তাহা হাত হইতে শোষিত হয় বলিয়া হাতে ঠাণ্ডা লাগে। ইথার জল অপেক্ষা অনেক বেশি উদ্বায়ী (volatile)। সুতরাং, ইথারের মধ্যে হাত ডুবাইয়া ঐ হাত বায়ুতে উন্মুক্ত অবস্থায় ধরিলে হাত হইতে অপেক্ষাকৃত দ্রুততর হারে বাষ্পীভবন ঘটিতে থাকে। ইহাতে হাত হইতে দ্রুততর হারে লীন তাপ শোষিত হয় বলিয়া এই সময় হইতে অপেক্ষাকৃত বেশি ঠাণ্ডা অনুভূত হইবে।

297. কোন থার্মোমিটারের কুণ্ডকে ভিজা কাপড়ে জড়াইয়া দিলে ইহার পাঠ কমিয়া যায়। ইহার কারণ এই যে, ভিজা কাপড় হইলে জল বাষ্পায়িত হইবার সময় লীন তাপ শোষণ করে বলিয়া থার্মোমিটারের কুণ্ডটির উষ্ণতা হ্রাস পায়। কাজেই, থার্মোমিটারের পাঠ নামিয়া যায়। জল অপেক্ষা ইথার অনেক বেশি উদ্বায়ী। সুতরাং, জলের পরিবর্তে ইথারের দ্বারা ভিজান কাপড় দিয়া থার্মোমিটারের কুণ্ডটিকে মুড়িয়া দিলে ঐ কাপড় হইতে বাষ্পায়নের হার অনেক বেশি হইবে। ইহার ফলে থার্মোমিটারের পাঠ আরও বেশি নামিয়া যাইবে।

298. থার্মোমিটারের কুণ্ডের উপর কয়েক ফোঁটা ইথার থাকিলে উহা দ্রুত বাষ্পীভূত হইতে থাকে। ইথারের বাষ্পায়নের জন্য প্রয়োজনীয় লীন তাপ থার্মোমিটারের কুণ্ড হইতে শোষিত হয় বলিয়া এই সময় কুণ্ডের পারদের উষ্ণতা হ্রাস পায়। ইহাতে পারদ সঙ্কুচিত হয়, ফলে থার্মোমিটারের পারদ সূত্র দ্রুত নামিয়া

যায়। কিন্তু ইথার-পূর্ণ বোতলে থার্মোমিটারের কুণ্ডটি ডুবাইলে কুণ্ডের সংলগ্ন ইথার বাষ্পায়িত হয় না। ফলে থার্মোমিটারের পারদ সূত্রকে পূর্বের ন্যায় নামিতে দেখা যায় না। এই সময় থার্মোমিটারটি বোতলের ইথারের উষ্ণতা নির্দেশ করে।

299. 100°C উষ্ণতাবিশিষ্ট প্রতি গ্রাম জলীয় বাষ্প একই উষ্ণতাবিশিষ্ট জলে পরিণত হইতে প্রায় 540 ক্যালরি তাপ বর্জন করে। কাজেই বিকিরকের মধ্য দিয়া 100°C উষ্ণতাবিশিষ্ট বাষ্প প্রবেশ করিয়া একই উষ্ণতাবিশিষ্ট জল বাহির হইয়া আসিলেও বিকিরক তাপ সরবরাহ করিয়া ঘরের উষ্ণতা বৃদ্ধি করিতে পারে।

300. স্ফুটনকালে তরলের বুদ্‌বুদ্ গঠিত হইয়া নিচ হইতে তরলের মধ্য দিয়া উপরে উঠিয়া আসে। তরলের মধ্যবর্তী বুদ্‌বুদ্ স্থায়ী হইতে হইলে বুদ্‌বুদের ভিতরের বাষ্পচাপ সেই স্থানের তরলের চাপের অন্তত সমান হওয়া প্রয়োজন, কেননা তদপেক্ষা কম হইলে তরলের চাপে ঐ বুদ্‌বুদ্ মিলাইয়া যাইবে। এই কারণেই জলের উষ্ণতা কম থাকিলে তরলের নিচ হইতে বুদ্‌বুদ্ উপরে উঠিয়া আসিবার পথে মিলাইয়া যায়। তরলপৃষ্ঠের ঠিক নিচে তরলের কোন বিন্দুতে চাপ তরলের উপরিস্থ চাপের সমান। বাষ্পচাপ ইহা অপেক্ষা কম হইলে স্ফুটন সম্ভব নয়। সুতরাং, যে-উষ্ণতায় তরলের সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ উহার উপরিস্থ চাপের সমান সেই উষ্ণতায় তরল ফুটিতে থাকে।

301. যখন জলের উপরিস্থ চাপ 76 cm পারদস্তম্ভের চাপের সমান তখন জল 100°C উষ্ণতায় ফোটে। আমরা জানি যে, স্ফুটনাঙ্কে কোন তরলের বাষ্পের সম্পৃক্ত চাপ তরলের উপরিস্থ চাপের সমান। কাজেই, 100°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 76 cm পারদস্তম্ভের চাপের সমান।

302. কোন নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু উহাতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্পের দ্বারা যে-উষ্ণতায় সম্পৃক্ত হয় তাহাই উক্ত বায়ুর শিশিরাঙ্ক। কাজেই, বায়ুতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্পের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকিলে শিশিরাঙ্কের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না।

(i) আলোচ্য ঘরটি আবদ্ধ বলিয়া বাহির হইতে ঐ ঘরে কোন বায়ু ঢুকিতে পারে না, ঐ ঘর হইতেও বায়ু বাহিরে যায় না। কাজেই, উষ্ণতা বৃদ্ধি হইলেও ঘরের বায়ুতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্পের পরিমাণের কোনরূপ তারতম্য হয় না। সুতরাং, উষ্ণতা-বৃদ্ধি সত্ত্বেও ঘরের বায়ুর শিশিরাঙ্কের কোন পরিবর্তন হইবে না।

(ii) কোন নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে-পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে এবং একই উষ্ণতায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করিতে যে-পরিমাণ জলীয় বাষ্প প্রয়োজন তাহার অনুপাতকেই ঐ বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলা হয়। কাজেই উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করিতে অধিক পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন হয় বলিয়া উষ্ণতা-বৃদ্ধির ফলে আপেক্ষিক আর্দ্রতা হ্রাস পায়। ইহা বিস্তারিতভাবে ব্যাখ্যা করা হইল।

মনে করি, বায়ুর উষ্ণতা $=t$°C

সংজ্ঞানুসারে, আপেক্ষিক আর্দ্রতা

$$= \frac{\text{কোন নির্দিষ্ট আয়তন বায়ুতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্পের ভর}}{t^\circ\text{C উষ্ণতায় ঐ আয়তন বায়ুকে সম্পৃক্ত করিতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভর}} \quad \text{(i)}$$

আলোচ্য ঘরটির উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে আপেক্ষিক আর্দ্রতার কীরূপ পরিবর্তন হইবে, (i) নং সমীকরণ হইতে তাহা বুঝা যায়। উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে (i) নং সমীকরণের ডান পার্শ্বের হর (denominator)-এর মান বৃদ্ধি পায়, কিন্তু ঘরের বায়ুতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্পের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া লব (numerator)-এর কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। ইহার ফলে আপেক্ষিক আর্দ্রতার মান হ্রাস পায়।

303. বীকারের জলের মধ্য দিয়া বাষ্প চালনা করিলে প্রথমে জলের উষ্ণতা বাড়িতে থাকিবে এবং এক সময় জলের উষ্ণতা 100°C হইবে। এই সময় বাষ্পের উষ্ণতা এবং জলের উষ্ণতা সমান পাইবে। 100°C উষ্ণতার জলকে ফুটাইবার জন্য লীন তাপ (latent heat) সরবরাহ করিতে হয়। কিন্তু এক্ষেত্রে জল 100°C উষ্ণতায় আসিবার পর বাষ্প হইতে আর তাপ শোষণ করিতে পারিবে না, কেননা, এই সময় বাষ্প এবং জলের উষ্ণতা সমান বলিয়া উহাদের মধ্যে আর তাপ আদান-প্রদান সম্ভব হইবে না। কাজেই বায়ুমণ্ডলীয় চাপের বাষ্প চালনা করিয়া বীকারের জলকে ফুটান যাইবে না।

304. চোঙে আবদ্ধ স্থানের আয়তন বৃদ্ধি করা হইলে উহাতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত থাকে না। এই সময় আবদ্ধ স্থানটি অসম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প দ্বারা পূর্ণ হইবে। ফলে আবদ্ধ স্থানের চাপ কমিবে। আবদ্ধ স্থানটির আয়তন যত বাড়িবে (বয়েল-এর সূত্রানুযায়ী) চাপ তত কমিবে।

(ii) পিস্টনটিকে ঠেলিয়া চোঙে আবদ্ধ স্থানটির আয়তন কমাইলে উহাতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্পের কিছু অংশ ঘনীভূত হইয়া জলে পরিণত হইবে। কিন্তু আবদ্ধ স্থানটি সম্পৃক্ত বাষ্প দ্বারাই পূর্ণ থাকিবে ; ফলে চোঙে আবদ্ধ স্থানের চাপের কোনরূপ পরিবর্তন হইবে না।

(iii) আবদ্ধ স্থানের আয়তন স্থির রাখিয়া উষ্ণতা 20°C হইতে বৃদ্ধি করিয়া 50°C-এ আনিলে ঐ স্থানের বাষ্প-ধারণক্ষমতা বৃদ্ধি পাইবে। সুতরাং, 50°C উষ্ণতায় চোঙটি অসম্পৃক্ত বাষ্প দ্বারা পূর্ণ হইবে। উষ্ণতা-বৃদ্ধির ফলে চোঙের আভ্যন্তরীণ চাপ বৃদ্ধি পাইবে।

(iv) যদি চোঙে আবদ্ধ বাষ্পের উষ্ণতা হ্রাস করিয়া 20°C হইতে 10°C-এ আনা হয় তাহা হইলে আবদ্ধ স্থানের বাষ্প-ধারণক্ষমতা হ্রাস পাইবে। কাজেই আবদ্ধ স্থানের আয়তন বৃদ্ধি না করিলে কিছু পরিমাণ জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হইয়া জলে পরিণত হয়। এই সময় চোঙে আবদ্ধ স্থানটি 10°C উষ্ণতায় সম্পৃক্ত বাষ্প দ্বারা পূর্ণ থাকিবে। 20°C উষ্ণতায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ অপেক্ষা 10°C উষ্ণতায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ কম। অর্থাৎ, আয়তন স্থির রাখিয়া উষ্ণতা কমাইলে চোঙের আভ্যন্তরীণ চাপ কমিবে।

305. মানবদেহের স্বাভাবিক উষ্ণতা 98·4°F। ঘর দুইটির উষ্ণতা 72°F, অর্থাৎ মানবদেহের উষ্ণতা অপেক্ষা কম। যে-ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 55% সেই ঘরে অপেক্ষাকৃত বেশি জলীয় বাষ্প আছে। ফলে ঐ ঘরে বাষ্পায়নের হার অপেক্ষাকৃত কম। আমাদের দেহ হইতে ঘামের মাধ্যমে অনবরত জলীয় বাষ্প বাহির হইয়া আসে। দেহের ঘাম যত দ্রুত বাষ্পীভূত হইবে আমরা তত বেশি ঠাণ্ডা অনুভব করিব। যে-ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 25% সেই ঘরে বাষ্পায়নের হার অপেক্ষাকৃত দ্রুততর। ফলে এই ঘরে অপেক্ষাকৃত বেশি ঠাণ্ডা বোধ হইবে। অর্থাৎ, যে-ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 55%, সেই ঘর অপেক্ষাকৃত উষ্ণতর বোধ হইবে।

306. বায়ুতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্প যে-উষ্ণতায় বায়ুকে সম্পৃক্ত করে সেই উষ্ণতাকে শিশিরাঙ্ক বলা হয়। কাজেই, বায়ুতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্পের পরিমাণ দ্বারাই শিশিরাঙ্ক নির্ধারিত হয়। বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ নির্দিষ্ট থাকিলে বায়ুর উষ্ণতা পরিবর্তিত হইলেও শিশিরাঙ্কের কোন তারতম্য হয় না। কিন্তু আপেক্ষিক আর্দ্রতা কেবলমাত্র শিশিরাঙ্কের উপরই নির্ভরশীল নয়, ইহার মান বায়ুর উষ্ণতার উপর নির্ভর করে। কাজেই বায়ুতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্পের পরিমাণ নির্দিষ্ট থাকিলেও (অর্থাৎ, শিশিরাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকিলেও) বায়ুর উষ্ণতার পরিবর্তনের ফলে আপেক্ষিক আর্দ্রতার পরিবর্তন ঘটে। সুতরাং, ঘরের বাহিরের এবং ভিতরের শিশিরাঙ্ক এক থাকিলেও উহাদের আপেক্ষিক আর্দ্রতা সমান হইবে এমন কোন কথা নাই। ঘরের ভিতরের এবং বাহিরের উষ্ণতা যদি সমান না হয় তবে শিশিরাঙ্ক সমান হইলেও ঐ দুই স্থানের বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা সমান হইবে না। এক্ষেত্রে, ঘরের ভিতরের উষ্ণতা যদি ঘরের বাহিরের উষ্ণতা অপেক্ষা বেশি হয়, তাহা হইলে ঘরের বাহিরের বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা অপেক্ষা ঘরের ভিতরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম হইবে।

307. তরল বায়ুর সংস্পর্শে আসিয়া নিচের গোলকটি ঠাণ্ডা হইলে উহার আভ্যন্তরীণ জলীয় বাষ্প দ্রুত ঘনীভূত হইয়া জলে পরিণত হয়। ইহাতে উপরের গোলকের জলের উপরিস্থ চাপ (জলীয় বাষ্পের চাপ) কমে। ফলে ঐ জল দ্রুত বাষ্পীভূত হইতে থাকে। বাষ্পায়নের সময় প্রয়োজনীয় লীন তাপ জল হইতেই গৃহীত হয় বলিয়া উপরের গোলকের জল শীতল হইতে থাকে। উপরের গোলকে জলের দ্রুত বাষ্পায়ন এবং নিচের গোলকে উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের ঘনীভবন চলিতে থাকিলে জলের উষ্ণতা হ্রাস পাইতে থাকিবে এবং এক সময় উপরের গোলকের জল হিমাঙ্কে পৌঁছিবে। ইহার পর ঐ জল লীন তাপ ছাড়িয়া বরফে পরিণত হইবে।

308. কোন ঘরে জল ছিটান হইলে ঐ জল বাষ্পীভূত হইতে থাকিবে এবং ইহার ফলে শেষ পর্যন্ত ঘরের বায়ু জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হইবে।

(i) যদি ঘরের দরজা এবং জানালাগুলি বন্ধ করিয়া রাখা হয় তাহা হইলে ঘরে আবদ্ধ বায়ুর সহিত বাহিরের বায়ুর কোন যোগাযোগ থাকে না। এই অবস্থায় ঘরে জল ছিটাইলে বায়ুতে জলীয় বাষ্প সঞ্চিত হইতে থাকে বলিয়া ঘরের বায়ুর চাপও

বাড়িতে থাকে, ফলে ব্যারোমিটারের পাঠ বৃদ্ধি পায়। এখন, আবদ্ধ ঘরটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিতে থাকিলে আবদ্ধ বায়ুর উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইতে থাকে। ইহাতে বায়ুর চাপ বৃদ্ধি পায়। ইহা ছাড়া, উষ্ণতা-বৃদ্ধির ফলে বায়ুতে সঞ্চিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় এবং সম্পৃক্ত বাষ্প-চাপও বাড়ে। ইহার ফলে ব্যারোমিটারের পাঠও বৃদ্ধি পায়।

(ii) যদি ঘরের দরজা এবং জানালা খোলা থাকে তাহা হইলে বায়ুর চাপ বৃদ্ধি পাইলে কিছু পরিমাণ বায়ু ঘর হইতে বাহির হইয়া যায়, ফলে বাহিরের সহিত ভিতরের চাপের সাম্য বজায় থাকে। সুতরাং, এই অবস্থায় ঘরের বায়ুর উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলেও ব্যারোমিটারের পাঠের কোনরূপ তারতম্য ঘটে না।

309. আমাদের দেহ হইতে ঘাম নির্গত হয় এবং উহা বাষ্পীভূত হইবার সময় দেহ হইতে লীন তাপ শোষণ করে। ইহাতে আমরা ঠাণ্ডা বোধ করি। কাজেই, গ্রীষ্মকালে দেহ হইতে নিঃসৃত ঘাম দ্রুত বাষ্পীভূত হইতে থাকিলে গরমের ফলে অস্বস্তিবোধ হয় না। বায়ু শুষ্ক থাকিলে ঘাম দ্রুত বাষ্পীভূত হয়, ফলে এই সময় বায়ুর উষ্ণতা অধিক হইলেও আমরা অস্বস্তি বোধ করি না। কিন্তু বায়ুর আর্দ্রতা বেশি হইলে দেহনিঃসৃত ঘাম দ্রুত বাষ্পীভূত হইতে পারে না। ফলে এই সময় বায়ুর উষ্ণতা অপেক্ষাকৃত কম হইলেও গরমে আমরা অস্বস্তি বোধ করি।

310. বরফে বা জলে সাধারণ লবণ মিশাইলে মিশ্রণের উষ্ণতা হ্রাস পায় এবং একটি হিম-মিশ্রণ তৈয়ারী হয়। মিশ্রণের এই উষ্ণতা-হ্রাসের কারণ নিম্নরূপে ব্যাখ্যা করা যায়ঃ

বরফের টুকরাগুলির উপর সাধারণত কিছুটা জলের আস্তরণ লাগিয়া থাকে। যখন এই বরফে লবণ মিশান হয় তখন এই লবণ জলে দ্রবীভূত হয় এবং আরও কিছুটা বরফ গলিয়া যায়। এই প্রক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় তাপ [অর্থাৎ, লবণের দ্রবীভবনের তাপ (heat of solution) এবং বরফের গলনের লীন তাপ] মিশ্রণ হইতে শোষিত হয় বলিয়া মিশ্রণের উষ্ণতা হ্রাস পায়।

লবণের পরিমাণ বাড়াইয়া মিশ্রণের উষ্ণতা অনির্দিষ্ট মান পর্যন্ত নামান যায় না ; প্রতিটি লবণের ক্ষেত্রে মিশ্রণের একটি নির্দিষ্ট দ্রবহিমাংক (eutectic temperature) থাকে। দ্রবণের উষ্ণতাকে ইহা অপেক্ষা নিচে নামান যায় না। সাধারণ লবণ (NaCl) দ্বারা গঠিত হিম-মিশ্রণের দ্রবহিমাঙ্কের মান $-21{\cdot}2^\circ C$।

311. শুষ্ক-কুণ্ড থার্মোমিটার সাম্যাবস্থায় ঘরের উষ্ণতা নির্দেশ করে। কিন্তু সিক্ত-কুণ্ড থার্মোমিটারের কুণ্ডটি আর্দ্র মসলিন কাপড়ে মোড়া থাকায় উহা হইতে বাষ্পীভবন হইতে থাকে, ফলে এই থার্মোমিটারের পাঠ সাধারণত শুষ্ক-কুণ্ড থার্মোমিটারের পাঠ অপেক্ষা কম হয়। যখন বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা 100% ; অর্থাৎ, যখন বায়ু জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত তখন সিক্ত-কুণ্ড থার্মোমিটার হইতে জল বাষ্পীভূত হয় না। এই সময় শুষ্ক-কুণ্ড থার্মোমিটার এবং সিক্ত-কুণ্ড থার্মোমিটারের পাঠ সমান হইবে। ভাষান্তরে বলা যায় যে, যখন বায়ুর উষ্ণতা শিশিরাঙ্কের সমান তখন সিক্ত-কুণ্ড থার্মোমিটার এবং শুষ্ক-কুণ্ড থার্মোমিটারের পাঠ সমান হইবে।

312. তরল বাষ্পায়িত হইবার সময় অপেক্ষাকৃত বেশি গতিশীল অণুগুলিই তরল হইতে বাহির হইয়া যায়, কেননা, কম গতিশক্তি সম্পন্ন অণুগুলি তরলের অন্যান্য অণুর সংসক্তির (cohesion) টান উপেক্ষা করিতে পারে না। অধিক গতিবেগসম্পন্ন অণুগুলি তরল হইতে বাহির হইয়া যাওয়ায় অবশিষ্ট তরলের অণুগুলির গড় গতিশক্তি হ্রাস পায়। এখন গ্যাসের গতিতত্ত্ব (kinetic theory of gases) হইতে আমরা জানি যে, কোন গ্যাসের উষ্ণতা উহার অণুগুলির গড় গতিশক্তির সমানুপাতিক। কাজেই বাষ্পায়নের ফলে তরলের অণুগুলির গড় গতিশক্তি হ্রাস পায় বলিয়া তরলের উষ্ণতাও হ্রাস পায়।

313. যে-সকল পদার্থ গলিয়া আয়তনে কমে সেই সকল পদার্থের ক্ষেত্রে চাপবৃদ্ধিতে গলনাঙ্ক হ্রাস পায়। বরফ গলিলে উহা আয়তনে হ্রাস পায়। সুতরাং, চাপ বাড়িলে বরফের গলনাঙ্ক হ্রাস পাইবে।

যে-সকল পদার্থ গলিয়া আয়তনে বাড়ে, চাপ-বৃদ্ধি করিলে উহাদের গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। মোম গলিয়া আয়তনে বাড়ে, সুতরাং চাপ বাড়াইলে মোমের গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পাইবে, অর্থাৎ ইহা আরও অধিক উষ্ণতায় গলিবে।

বরফ গলিলে আয়তনে কমে। চাপ বাড়াইলেও পদার্থ আয়তনে কমে। সুতরাং বরফের উপর চাপ প্রয়োগ করিলে গলনক্রিয়ায় কিছুটা সহায়তা হয়। তাই চাপ বেশি থাকিলে বরফ 0°C উষ্ণতা অপেক্ষা কম উষ্ণতাতেই গলিতে পারে। অপরপক্ষে, যে-সকল পদার্থ আয়তনে বাড়ে, চাপ বৃদ্ধি করিলে উহাদের আয়তন-বৃদ্ধির বিঘ্ন ঘটে। ইহাতে গলন বাধা পায়। তাই এই অবস্থায় স্বাভাবিক গলনাঙ্ক অপেক্ষা বেশি উষ্ণতায় না পৌঁছাইলে উহারা গলিতে পারে না।

314. মনে করি, t°C উষ্ণতায় পিতলের দণ্ডটির দৈর্ঘ্য l_b এবং ইস্পাতের দণ্ডটির দৈর্ঘ্য l_s। কাজেই, t°C উষ্ণতায় ইহাদের দৈর্ঘ্যের ব্যবধান,

$$\triangle l=(l_b-l_s) \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

ধরা যাক যে, t'°C উষ্ণতায় পিতলের দণ্ডটির দৈর্ঘ্য l_b' এবং ইস্পাতের দণ্ডটির দৈর্ঘ্য l'_s। সুতরাং, t°C উষ্ণতায় ইহাদের দৈর্ঘ্যের ব্যবধান,

$$\triangle l'=(l'_b-l'_s) \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

$$\left.\begin{array}{ll}\text{কিন্তু,} & l'_b=l_b\,[1+\alpha_b(t'-t)\,] \\ \text{এবং} & l'_s=l_s\,[1+\alpha_s(t'-t)\,]\end{array}\right\} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

এখানে, α_b এবং α_s যথাক্রমে পিতল এবং ইস্পাতের রৈখিক প্রসারণ গুণাঙ্ক।

(ii) এবং (iii) হইতে পাই, $\triangle l'=(l_b-l_s)+(l_b\alpha_b-l_s\alpha_s)\,(t'-t) \cdots$ (iv)

শর্তানুসারে, $\triangle l=\triangle l'$ বলিয়া সমীকরণ (i) এবং (iv) হইতে পাই,

$$(l_b\alpha_b-l_s\alpha_s)\,(t'-t)=0 \quad \text{বা,} \quad \frac{l_b}{l_s}=\frac{\alpha_s}{\alpha_b} \quad \cdots \quad \text{(v)}$$

কাজেই, দণ্ডদ্বয়ের দৈর্ঘ্য উহাদের রৈখিক প্রসারণ গুণাঙ্কের ব্যস্তানুপাতিক হইলে উহাদের দৈর্ঘ্যের ব্যবধান উষ্ণতা-নিরপেক্ষ হইতে পারে।

315. T ডিগ্রী উষ্ণতা-বৃদ্ধির ফলে দণ্ডটির প্রসারণ $= L\alpha T$
সুতরাং, কপিকলের কৌণিক ঘূর্ণন θ হইলে লেখা যায়,

$$\theta \times r = L\alpha T \quad (\text{চিত্র } 189)$$

$$\text{বা,} \quad \theta = \frac{L\alpha T}{r} \quad \cdots \quad (i)$$

কপিকলের এই ঘূর্ণনের ফলে সূচকটিও একই কোণ ঘুরিয়া যাইবে। ফলে সূচকটির অবস্থান OP অবস্থান হইতে OQ অবস্থানে আসিবে। কাজেই, সূচকের অগ্রভাগের সরণ,

$$PQ = \theta \times l \quad \cdots \quad (ii)$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$PQ = L\alpha T \frac{l}{r}$$

চিত্র 189

316. আমরা জানি যে, সরল দোলকের দৈর্ঘ্য l_1 হইলে ইহার দোলনকাল,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} \quad \cdots \quad (i)$$

প্রশ্নের শর্তানুসারে, সরল দোলকের দৈর্ঘ্য l_2 হইলে ইহার দোলনকাল,

$$T + \triangle T = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}} \quad \cdots \quad (ii)$$

কিন্তু, দোলকের সুতার রৈখিক প্রসারণ গুণাঙ্ক α বলিয়া প্রশ্নানুসারে,

$$l_2 = l_1 (1 + \alpha \triangle \theta) \quad \text{বা,} \quad \frac{l_2}{l_1} = (1 + \alpha \triangle \theta) \quad \cdots \quad (iii)$$

আবার, সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$\frac{T + \triangle T}{T} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = \sqrt{1 + \alpha \triangle \theta} \quad [\text{ সমীকরণ (iii) হইতে }]$$

$$\text{বা,} \quad 1 + \frac{\triangle T}{T} = \left(1 + \alpha \triangle \theta\right)^{\frac{1}{2}} = 1 + \tfrac{1}{2}\alpha \triangle \theta$$

(দ্বিপদ বিস্তারের অন্যান্য পদ উপেক্ষা করিয়া)

$$\text{কাজেই,} \quad \frac{\triangle T}{T} = \tfrac{1}{2}\alpha \triangle \theta$$

317. ধরি, t_1°C উষ্ণতার লোহার আংটাটির ব্যাসার্ধ r। ইহার ব্যাস বরাবর একটি লোহদণ্ড যুক্ত রহিয়াছে। এই দণ্ডটির দৈর্ঘ্য স্পষ্টতই $D_1 = 2r$। আংটা এবং দণ্ডের উষ্ণতা বৃদ্ধি করা হইল। ধরি, উহাদের অন্তিম উষ্ণতা $= t_2$°C $(t_2 > t_1)$। এই উষ্ণতায় লোহদণ্ডটির দৈর্ঘ্য হইবে

$$D_2 = D_1 \{1 + \alpha(t_2 - t_1)\} \quad \cdots \quad (i)$$

লোহার আংটাটির প্রাথমিক দৈর্ঘ্য (অর্থাৎ t_1°C উষ্ণতার আংটার দৈর্ঘ্য)$=L_1=\pi D_1$

$\therefore$ t_2°C উষ্ণতায় উহার দৈর্ঘ্য

$=L_1\ [1+\alpha(t_2-t_1)]=\pi\ D_1\ [1+\alpha(t_2-t_1)]=\pi D_2$

$=\pi\times t_2$°C উষ্ণতায় দণ্ডের দৈর্ঘ্য ... (ii)

(ii) হইতে সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, দণ্ড ও আংটার সমান উষ্ণতা বৃদ্ধি ঘটিলে আংটাটি বৃত্তাকারই থাকিবে।

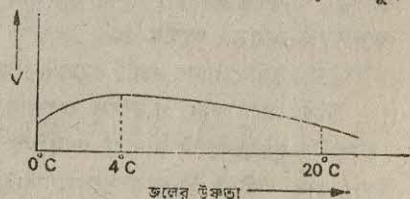
318. লোহা অপেক্ষা পিতলের রৈখিক প্রসারণ গুণাঙ্ক বেশি। কাজেই, লোহা এবং পিতলের তৈয়ারী দ্বিধাতব পাতটির উষ্ণতা বাড়িলে লোহার পাত অপেক্ষা পিতলের পাতের দৈর্ঘ্যবৃদ্ধির পরিমাণ বেশি হয়। ইহাতে দ্বিধাতব পাতটি বাঁকিয়া যায়। এক্ষেত্রে লোহার পাতটি থাকে বক্রতা-কেন্দ্রের দিকে এবং পিতলের পাতটি থাকে বাহিরের দিকে। ফলে পাতটি ডান পার্শ্বে বাঁকিয়া যায় (চিত্র 185)। সুতরাং, উষ্ণতার মান একটি নির্দিষ্ট সীমার বেশি হইলে দ্বিধাতব পাতটি বাঁকিয়া ডানপার্শ্বের বৈদ্যুতিক ঘণ্টাটির (2 নং বৈদ্যুতিক ঘণ্টার) বর্তনী সংহত করে। ফলে এই ঘণ্টাটি বাজিতে থাকে।

উষ্ণতা হ্রাস পাইলে দ্বিধাতব পাতটি বিপরীত দিকে বাঁকে। অর্থাৎ, এই সময় পিতলের পাতটি থাকে বক্রতা-কেন্দ্রের দিকে। এক্ষেত্রে পাতটি বাঁকিয়া বাম পার্শ্বের (1 নং বৈদ্যুতিক ঘণ্টার) বর্তনী সংহত করে। ফলেই এই ঘণ্টাটি বাজিতে থাকে।

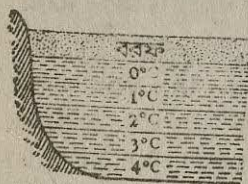
319. কোন পাত্রে না লইয়া তরল পদার্থকে উত্তপ্ত করা সম্ভবপর নয়, কোন তরল-পূর্ণ পাত্রকে হঠাৎ উত্তপ্ত করিলে পাত্রটির উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়, ফলে পাত্রের আয়তন বাড়ে। পাত্রের মধ্যবর্তী তরল এত দ্রুত উত্তপ্ত হইতে পারে না বলিয়া ইহার আয়তন বাড়ে না। ইহার ফলে পাত্রের তরলের লেভেল কিছুটা নামিয়া যায়। তরলের আয়তনের এই আপাত-হ্রাস প্রকৃতপক্ষে পাত্রের আয়তন-প্রসারণের সমান।

320. আমরা জানি যে, 4°C উষ্ণতায় জলের ঘনত্ব সর্বোচ্চ, অর্থাৎ 4°C উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের আয়তন সর্বনিম্ন। কাজেই, 4°C উষ্ণতার জল লইয়া উহার উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলেও উহার আয়তন বৃদ্ধি পাইবে, উষ্ণতা হ্রাস করিলেও উহার আয়তন বৃদ্ধি পাইবে। ফলে, 4°C উষ্ণতাবিশিষ্ট জল দ্বারা পূর্ণ বীকারের জলের উষ্ণতা বাড়ানই হোক বা কমানই হোক, বীকার হইতে জল উপ্‌চাইয়া পড়িবে।

321. আমরা জানি যে, তরলের ঘনত্ব যত বেশি হইবে উহাতে ভাসমান বস্তুর নিমজ্জিত অংশের আয়তন তত কম হইবে। অর্থাৎ, তরলের ঘনত্ব যত বাড়িবে বস্তুর আয়তনের যে-অংশ তরলের উপরে আছে তাহার মানও বাড়িবে।

0°C হইতে 4°C পর্যন্ত উষ্ণতা-বৃদ্ধির সময় জলের ঘনত্ব বাড়িতে থাকে কিন্তু 4°C অতিক্রম করিবার পর উষ্ণতা-বৃদ্ধির সহিত জলের ঘনত্ব

চিত্র 190

পুনরায় কমিতে থাকে। 0°C উষ্ণতায় ভাসমান কাঠের ব্লকের V আয়তন জলের উপরে আছে। 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত উষ্ণতা বৃদ্ধির ফলে জলের ঘনত্ব বৃদ্ধি পায় বলিয়া এই সময় V-এর মানও বাড়িতে থাকে। 4°C উষ্ণতায় জলের ঘনত্ব সর্বোচ্চ বলিয়া এই সময় V-এর মানও সর্বোচ্চ হইবে (চিত্র 190)। 4°C অতিক্রান্ত হইবার পর উষ্ণতাবৃদ্ধির সহিত জলের ঘনত্ব কমিতে থাকে। কাজেই জলের উষ্ণতা 4°C হইতে 20°C পর্যন্ত বৃদ্ধি করিবার সময় V-এর মানও কমিতে থাকিবে।

322. 4°C উষ্ণতায় জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশি। কোন হ্রদের উপরের বায়ুর উষ্ণতা জলের উষ্ণতা অপেক্ষা কম হইলে ঐ বায়ুর সংস্পর্শে জল ঠাণ্ডা হইতে থাকিবে। ধরিয়া লই, জলের প্রাথমিক উষ্ণতা 4°C অপেক্ষা বেশি। জলের উষ্ণতা 4°C-এ নামা পর্যন্ত উপরের জল ভারী হইয়া নিচে নামিতে থাকে, ইহাতে যে-পরিচালন প্রবাহ সৃষ্টি হয় তাহার ফলে সমগ্র জলরাশি দ্রুত ঠাণ্ডা হইতে থাকে। সমগ্র জল 4°C-এ আসিবার পর উপরের বায়ুর সংস্পর্শে হ্রদের উপরিভাগের জল আরও ঠাণ্ডা হইলে ঐ জল নিচের 4°C উষ্ণতার জল অপেক্ষা হাল্কা হয়, ফলে উহা আর নিচে নামিতে পারে না। ইহাতে পরিচলন-প্রবাহ বন্ধ হইয়া যায়। নিচের উষ্ণতর জল হইতে উপরের শীতলতর বায়ু-মণ্ডলে পরিবহণ প্রক্রিয়ায় যে-তাপ আসে তাহার হারও খুব কম, কেননা জল তাপের কুপরিবাহী। ইহার ফলে নিচের জল 4°C-এ থাকিয়া যায়। নিচ হইতে উপরের দিকে উঠিলে উষ্ণতা ক্রমশ কমিতে থাকে (চিত্র 191)। উপরের স্তরের উষ্ণতা 0°C-এ পৌঁছিবার পর ঐ স্তরের জল লীন তাপ ছাড়িয়া বরফে পরিণত হইবে। বরফ জল অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া উহা জলে ভাসিয়া থাকিবে।

চিত্র 191

বরফের আস্তরণের ঠিক নিচে জলের উষ্ণতা হইবে 0°C এবং হ্রদের তলদেশে জলের উষ্ণতা হইবে 4°C।

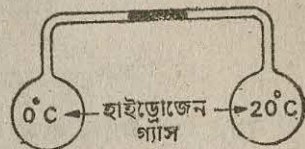
323. 10°C উষ্ণতায় লোহার বলের সম-আয়তন জলের ওজন ঐ বলটির ওজনের সমান। যদি জল এবং লোহার উষ্ণতা বৃদ্ধি করিয়া 10°C হইতে 50°C-এ আনা হয় তাহা হইলে উহাদের আয়তন বৃদ্ধি পাইবে। ইহার ফলে জল এবং লোহার বলের ঘনত্ব হ্রাস পাইবে। কিন্তু জলের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক অপেক্ষা লোহার আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের মান কম। কাজেই, 50°C উষ্ণতায় লোহার বলের সম-আয়তন জলের ওজন লোহার বলটির ওজন অপেক্ষা কম হইবে। ফলে 50°C উষ্ণতায় লোহার বলটি জলে ডুবিয়া যাইবে।

324. মনে করি, প্রারম্ভিক অবস্থায় উভয় পাত্রের হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ=P। যে-পাত্রের হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রাথমিক উষ্ণতা 0°C উহার উষ্ণতা 10 সেলসিয়াস ডিগ্রী বৃদ্ধি পাইলে উহার চাপ বৃদ্ধি পাইয়া P′ হইলে লেখা যায়,

$$\frac{P}{273}=\frac{P'}{283} \text{ (আয়তন স্থির ধরিলে) } \quad \text{বা,} \quad P'=\frac{283}{273}.P \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

যে-পাত্রের হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রাথমিক উষ্ণতা 20°C উহার উষ্ণতা 10 সেল্সিয়াস ডিগ্রী বৃদ্ধি পাইলে উহার চাপ বৃদ্ধি পাইয়া P″ হইলে লেখা যায়,

$$\frac{P}{293} = \frac{P''}{303} \text{ (আয়তন স্থির ধরিলে)}$$

বা, $$P'' = \frac{303}{293}.P \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

চিত্র 192

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, $P' > P''$; সুতরাং, 20°C উষ্ণতাবিশিষ্ট হাইড্রোজেন গ্যাসপূর্ণ পাত্রটি যে-পার্শ্বে রহিয়াছে পারদস্তম্ভটি সেই পার্শ্বে সরিবে।

325. মনে করি, প্রাথমিক অবস্থায় গ্যাসের চাপ, আয়তন ও উষ্ণতা যথাক্রমে P_1, V_1 এবং T_1। প্রসারণের পর ইহার চাপ, আয়তন ও উষ্ণতা যথাক্রমে P_2, V_2 এবং T_2। এখন, গ্যাসের সূত্র হইতে পাই,

$$P_1V_1 = nkT_1 \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এবং $$P_2V_2 = nkT_2 \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

এখানে n হইল আলোচ্য গ্যাসে অণুর সংখ্যা এবং k হইল বোল্টজ্‌মান ধ্রুবক।

(i) এবং (ii) হইতে লেখা যায়, $$\frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

উভয় পক্ষকে $\frac{V_1}{V_2}$ দ্বারা গুণ করিয়া পাই, $$\frac{P_1V_1^2}{P_2V_2^2} = \frac{V_1T_1}{V_2T_2} \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

এখন, প্রদত্ত শর্তানুসারে $P_1V_1^2 = P_2V_2^2$

বা, $$\frac{P_1V_1^2}{P_2V_2^2} = 1 \quad \cdots \quad \text{(v)}$$

সমীকরণ (iv) এবং (v) হইতে লেখা যায়, $V_1T_1 = V_2T_2$

কিন্তু, $V_2 > V_1$

কাজেই, $T_2 < T_1$, অর্থাৎ আলোচ্য প্রসারণের ফলে গ্যাসের উষ্ণতা হ্রাস।

326. এক গ্রাম অণু গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাসের সমীকরণটি নিম্নরূপ,

$$PV = RT$$

আলোচ্য গ্যাসের ক্ষেত্রে এক লিটারে n সংখ্যক অণু থাকিলে এবং প্রতিটি অণুর ভর m হইলে লেখা যায়, $PV = nm\,\frac{R}{M}T$

[এখানে, M হইল আলোচ্য গ্যাসের আণবিক ওজন]।

সুতরাং, $PV = nm\frac{R}{Nm}T$ [N=অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা]

বা, $PV = nkT$

এখানে k=বোল্টজ্‌ম্যান ধ্রুবক$=\frac{R}{N}=1{\cdot}38\times10^{-16}$ c.g.s. unit

$$\therefore \quad n=\frac{PV}{kT}=\frac{10^6\times10^3}{1{\cdot}38\times10^{-16}\times300}=2{\cdot}4\times10^{22}$$

ইহাই অণুর নির্ণেয় সংখ্যা।

327. মনে করি, তরলের অন্তিম উষ্ণতা$=\theta$

ধরা যাক, শীতলতর (নিচের) স্তরের তরলের ভর, প্রাথমিক আয়তন ও উষ্ণতা যথাক্রমে m_1, v_1 ও θ_1 এবং অন্তিম উষ্ণতায় ঐ তরলের আয়তন v_1'।

অনুরূপভাবে মনে করি, উষ্ণতর উপরের স্তরের তরলের ক্ষেত্রে ঐ রাশিগুলি যথাক্রমে, m_2, v_2 ও θ_2 এবং অন্তিম উষ্ণতায় এই তরলের আয়তন v_2'।

ক্যালরিমিটারের মূলনীতি অনুসারে লেখা যায় যে,

শীতলতর স্তর-কর্তৃক গৃহীত তাপ = উষ্ণতর স্তর-কর্তৃক বর্জিত তাপ

$$\text{বা,} \quad m_1 s(\theta-\theta_1)=m_2 s(\theta_2-\theta) \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এখানে s হইল তরলের আপেক্ষিক তাপ। কাজেই,

$$m_1(\theta-\theta_1)=m_2(\theta_2-\theta) \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

উষ্ণতার সহিত তরলের আয়তনের পরিবর্তন নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়,

$$v_1=\frac{m_1}{\rho_1}=\frac{m_1(1+\alpha\theta_1)}{\rho_0}$$

এখানে ρ_1 হইল θ_1 উষ্ণতায় তরলের ঘনত্ব এবং ρ_0 হইল 0° উষ্ণতায় তরলের ঘনত্ব। α হইল তরলের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক। ইহার মান উষ্ণতা-নিরপেক্ষ।

অনুরূপভাবে লেখা যায়, $v_1'=\frac{m_1(1+\alpha\theta)}{\rho_0}$

$$v_2=\frac{m_2(1+\alpha\theta_2)}{\rho_0} \text{ এবং } v_2'=\frac{m_2(1+\alpha\theta)}{\rho_0}$$

কাজেই, নিচের তরল স্তরের আয়তনের পরিবর্তন (বৃদ্ধি)

$$v_1'-v_1=\frac{m_1\alpha(\theta-\theta_1)}{\rho_0} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

এবং উপরের তরল স্তরের আয়তনের হ্রাস

$$v_2-v_2'=\frac{m_2\alpha(\theta_2-\theta)}{\rho_0} \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

সমীকরণ (ii), (iii) এবং (iv) হইতে পাই, $v_1'-v_1=v_2-v_2'$

$$\text{বা,} \quad v_1'+v_2'=v_1+v_2$$

বা, তরলের প্রাথমিক আয়তন=তরলের অন্তিম আয়তন

অর্থাৎ, উষ্ণতার সমতা প্রতিষ্ঠিত হইবার পরও তরলের আয়তনের কোন তারতম্য ঘটে না।

328. প্রথম পাত্রে P_1 চাপে V_1 আয়তন গ্যাস রহিয়াছে এবং দ্বিতীয় পাত্রে P_2 চাপে V_2 আয়তন গ্যাস রহিয়াছে (চিত্র 193)। মনে করি, উষ্ণতা অপরিবর্তিত রাখিয়া দ্বিতীয় পাত্রের গ্যাসের চাপ P_2 হইতে পরিবর্তন করিয়া P_1 করিলে উহার আয়তন পরিবর্তিত হইয়া V' হয়। কাজেই, বয়েল-এর সূত্রানুসারে লেখা যায়,

চিত্র 193

$$P_2V_2 = P_1V'$$

বা, $V' = \frac{P_2}{P_1} \cdot V_2 \quad \cdots \quad (i)$

সুতরাং, P_1 চাপে V_1 আয়তন গ্যাস + P_2 চাপে V_2 আয়তন গ্যাস

$\equiv P_1$ চাপে V_1 আয়তন গ্যাস + P_1 চাপে $\frac{P_2}{P_1} \cdot V_2$ আয়তন গ্যাস [(i) হইতে]

$\equiv P_1$ চাপে $\left(V_1 + \frac{P_2}{P_1} \cdot V_2\right)$ আয়তন গ্যাস।

স্টপ্-কক্ খুলিয়া দিলে পাত্রদ্বয়ের গ্যাসের মোট আয়তন হয় $(V_1 + V_2)$। এই সময় গ্যাসের চাপ=P (ধরি)।

উষ্ণতা অপরিবর্তিত রহিয়াছে বলিয়া বয়েল-এর সূত্র প্রয়োগ করিয়া লেখা যায়,

$P_1 \times \left(V_1 + \frac{P_2}{P_1}V_2\right) = P \times (V_1 + V_2)$ বা, $P = \frac{P_1V_1 + P_2V_2}{V_1 + V_2}$

ইহাই পাত্রদ্বয়ের গ্যাসের চূড়ান্ত চাপ।

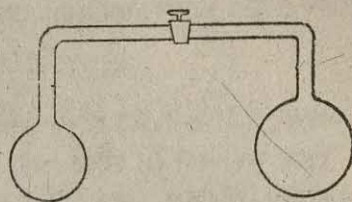
329. কোন বস্তুকে $t_1°$ উষ্ণতাবিশিষ্ট তরলে নিমজ্জিত অবস্থায় রাখিলে বস্তুটির আপাত-ওজন হয় $W_1 = (W - \rho_1 V_1 g) \quad \cdots \quad (i)$

[এখানে W=বস্তুটির স্বাভাবিক ওজন, $\rho_1 = t_1°$ উষ্ণতায় তরলের ঘনত্ব এবং $v_1 = t°_1°$ উষ্ণতায় নিমজ্জিত বস্তুটির আয়তন। তরলের উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে সেই সঙ্গে কঠিন পদার্থের এবং তরলের ইহাদের উভয়ের ঘনত্বই হ্রাস পায়। মনে করি, তরল এবং নিমজ্জিত বস্তুর উষ্ণতা বৃদ্ধি করিয়া $t_2°$-তে আনা হইয়াছে $(t_2 > t_1)$। এখানে, $(t_2 - t_1)$-কে t ধরিয়া পাই,

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{1+\gamma_l t}, \ \gamma_l = \text{তরল প্রকৃত আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক}$$

অনুরূপভাবে, $t_2°$ উষ্ণতায় কঠিন পদার্থের আয়তন,

$V_2 = V_1 (1 + \gamma_s t)$, γ=বস্তুটির উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক

কাজেই, তরল বস্তুটিকে উত্তপ্ত করিয়া $t_2°$-তে আনিলে বস্তুটির আপাত-ওজন হইবে, $W_2 = W - V_2\rho_2 g = W - V_1\rho_1 \cdot \frac{(1+\gamma_s t)}{(1+\gamma_l t)} g \quad \cdots \quad (ii)$

আমরা জানি যে, সাধারণত কঠিন পদার্থের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক তরলের আয়তন প্রসারণ অপেক্ষা কম হয়। অর্থাৎ, $\gamma_s < \gamma_l$

$$\text{বা,} \quad \frac{1+\gamma_s t}{1+\gamma_l t} < 1 \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

কাজেই, (ii) এবং (iii) হইতে লেখা যায়, $W_2 > W_1 - V_1\rho_1 g$

এখন, (iv) এবং (i) হইতে পাই, $W_2 > W_1$ ... (iv)

সুতরাং, অধিকাংশ ক্ষেত্রে (কঠিন অপেক্ষা তরলের প্রসারণ গুণাঙ্ক বেশি হইলে) তুলাদণ্ডটি বাম দিকে কাত্ হইয়া পড়িবে (চিত্র 186)।

330. মনে করি, t_1 ও t_2 উষ্ণতায় নিমজ্জকটির আয়তন যথাক্রমে V_1 ও V_2 এবং $t_1°$ ও $t_2°$ উষ্ণতায় তরলটির ঘনত্ব যথাক্রমে d_1 ও d_2। নিমজ্জকের উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক β বলিয়া লেখা যায়, $V_2 = V_1\{1+\beta\ (t_2 - t_1)\}$ ... (i)

তরলটির আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক γ হইলে লেখা যায়,

$$d_2 = \frac{d_1}{1+\gamma\ (t_2 - t_1)} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

আর্কিমিডিসের সূত্রানুসারে, $t_1°$ উষ্ণতায় নিমজ্জিত অবস্থায় নিমজ্জকটির ওজনের আপাত হ্রাস

= নিমজ্জক-কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজন

$= V_1 d_1 g$, g = অভিকর্ষজ ত্বরণ

$$\text{বা,} \quad w_0 - w_1 = V_1 d_1 g \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

অনুরূপভাবে লেখা যায়, $w_0 - w_2 = V_2 d_2 g$ ... (iv)

(iii) এবং (iv) হইতে পাই, $\dfrac{w_0 - w_1}{w_0 - w_2} = \dfrac{V_1}{V_2} \times \dfrac{d_1}{d_2}$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে V_1/V_2 এবং d_1/d_2-এর মান বসাইয়া পাই,

$$\frac{w_0 - w_1}{w_0 - w_2} = \frac{1+\gamma\ (t_2 - t_1)}{1+\beta\ (t_2 - t_1)}$$

$$\text{বা,} \quad \gamma = \beta\frac{w_0 - w_1}{w_0 - w_2} + \frac{w_2 - w_1}{(w_0 - w_2)\ (t_2 - t_1)}$$

331. কংক্রিটের কাঠামোকে শক্তিশালী করিবার জন্য উহাতে এইরূপ ধাতু ব্যবহার করা প্রয়োজন যাহাদের তাপীয় প্রসারণ গুণাঙ্ক কংক্রিটের তাপীয় প্রসারণ গুণাঙ্কের সমান। লোহা এবং ইস্পাতের তাপীয় প্রসারণ গুণাঙ্ক কংক্রিটের প্রসারণ গুণাঙ্কের প্রায় সমান বলিয়া কংক্রিটের কাঠামোতে লোহা এবং ইস্পাত ব্যবহৃত হয়। অ্যালুমিন ইত্যাদি ধাতুর তাপীয় প্রসারণ গুণাঙ্ক এবং কংক্রিটের প্রসারণ গুণাঙ্কের পার্থক্য বেশি বলিয়া কংক্রিটের কাঠামোতে এই সকল ধাতু ব্যবহৃত হয় না।

332. 4°C উষ্ণতায় জলের ঘনত্ব সর্বাধিক, অর্থাৎ, 4°C হইতে জলের উষ্ণতা হ্রাসই করা হোক বা বৃদ্ধিই করা হোক জলের ঘনত্ব হ্রাস পায়, ফলে দুইটি বিভিন্ন

উষ্ণতায় জলের ঘনত্ব অভিন্ন হইতে পারে। কাজেই, 0°C হইতে প্রায় 8°C পর্যন্ত জলের ঘনত্বের সাহায্যে উষ্ণতাকে দ্ব্যর্থহীনভাবে প্রকাশ করা যায় না, কেননা এক্ষেত্রে একই ঘনত্ব দুইটি বিভিন্ন উষ্ণতা নির্দেশ করিতে পারে।

333. কোন ব্লকের উষ্ণতা দেহের উষ্ণতার সমান হইলে উহাকে স্পর্শ করিলে ঐ ব্লক হইতে দেহে বা দেহ হইতে ঐ ব্লকে কোন তাপ স্থানান্তরিত হয় না। এই অবস্থায় ব্লকটি কাঠের তৈয়ারীই হউক বা ধাতুর তৈয়ারীই হউক—কোন ক্ষেত্রেই দেহের সহিত ব্লকের তাপ-আদান-প্রদান হয় না। সুতরাং, কোন কাঠের ব্লকের উষ্ণতা এবং কোন ধাতব ব্লকের উষ্ণতা দেহের উষ্ণতার সমান হইলে উহাদিগকে সমান শীতল বা সমান উষ্ণ বলিয়া মনে হইবে।

334. মনে করি, উভয় দণ্ডের দৈর্ঘ্য $= l$

A-দণ্ডের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $= \alpha_1$

B-দণ্ডের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $= \alpha_2$

এবং A ও C দণ্ডের উপাদানের তাপ-পরিবাহিতাঙ্ক যথাক্রমে K_1 ও K_2। উভয় দণ্ডের দুই প্রান্তের উষ্ণতা T_1 ও T_2

কাজেই, A দণ্ডের মধ্য দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে পরিবাহিত তাপ, Q_1

$$= \frac{K_1\alpha_1(T_1 - T_2)}{l}$$

এবং B দণ্ডের মধ্য দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে পরিবাহিত তাপ, Q_2

$$= \frac{K_2\alpha_2(T_1 - T_2)}{l}$$

কিন্তু প্রশ্নানুসারে, $Q_1 = Q_2$

$$\therefore \quad \frac{K_1\alpha_1(T_1 - T_2)}{l} = \frac{K_2\alpha_2(T_1 - T_2)}{l} \quad \text{বা.} \quad \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{K_2}{K_1}$$

অর্থাৎ, $\dfrac{\text{A দণ্ডের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল}}{\text{B দণ্ডের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল}} = \dfrac{\text{B দণ্ডের উপাদানের তাপ-পরিবাহিতা}}{\text{A দণ্ডের উপাদানের তাপ-পরিবাহিতা}}$

উপরি-উক্ত শর্ত পালিত হইলে উভয় দণ্ডের মধ্য দিয়া একই হারে তাপ-পরিবাহিত হইবে।

335. দিনের বেলা ভূপৃষ্ঠ সূর্য হইতে যে-তাপ লাভ করে রাত্রিতে সেই তাপ বিকিরণ করিয়া ভূপৃষ্ঠ ঠাণ্ডা হয়। আকাশ মেঘমুক্ত থাকিলে ভূপৃষ্ঠ হইতে বিকীর্ণ শক্তি মহাশূন্যে বিলীন হয়। ইহাতে ভূপৃষ্ঠ সহজে ঠাণ্ডা হইয়া যায়। কিন্তু আকাশ মেঘাচ্ছন্ন থাকিলে ভূপৃষ্ঠ হইতে বিকীর্ণ শক্তি মেঘে প্রতিফলিত হইয়া পুনরায় পৃথিবীতে ফিরিয়া আসে, ইহাতে ভূপৃষ্ঠ সহজে ঠাণ্ডা হইতে পারে না। এইজন্য আকাশ মেঘমুক্ত না হইয়া মেঘাচ্ছন্ন হইলে আমরা অপেক্ষাকৃত উষ্ণ বোধ করি।

336. কোন বস্তু হইতে বিকিরণের হার উহার পৃষ্ঠতলের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। কোন কালো এবং অমসৃণ বস্তু একই উষ্ণতা-বিশিষ্ট সাদা এবং মসৃণ বস্তু

অপেক্ষা দ্রুততর হারে বিকিরণ করে। সুতরাং, একই রকম দুইটি পাত্রে সেই উষ্ণতা-বিশিষ্ট গরম জল রাখিলে সাদা ও মসৃণ পৃষ্ঠতলবিশিষ্ট পাত্রের জল অপেক্ষা কালো এবং অমসৃণ পৃষ্ঠতলবিশিষ্ট পাত্রের জল অপেক্ষাকৃত দ্রুত ঠাণ্ডা হইবে।

337. খড়ের চালা পোড়া মাটির টালি কিংবা কংক্রিটের ছাদ অপেক্ষা কুপরিবাহী। তাই খড়ের চালার মধ্য দিয়া পরিবহণের সাহায্যে ঘরের বাহিরের সহিত ভিতরের তাপ আদান-প্রদান খুব কম হয়। গ্রীষ্মকালে খড়ের চালায় যে-সূর্যকিরণ আপতিত হয় উহার সামান্য অংশই কুপরিবাহী খড়ের চালার মধ্য দিয়া পরিবাহিত হইয়া ঘরের অভ্যন্তরে প্রবেশ করে। সুতরাং গ্রীষ্মকালে বাহিরের উষ্ণতা বেশি হইলেও খড়ের চালাবিশিষ্ট ঘরের ভিতরের উষ্ণতা খুব বেশি হয় না। একই কারণে শীতকালে ঘরের বাহিরের উষ্ণতা যখন খুব কম তখন ঘরের মধ্যবর্তী তাপ কুপরিবাহী খড়ের মধ্য দিয়া পরিবাহিত হইয়া বাহিরে চলিয়া যাইতে পারে না। ফলে শীতকালে বাহিরের উষ্ণতা অপেক্ষা খড়ের চালাবিশিষ্ট ঘরের ভিতরের উষ্ণতা বেশি হয়।

338. নিউটনের শীতলীভবনের সূত্রানুসারে, কোন বস্তুর শীতলীভবনের হার (rate of cooling) পরিপার্শ্বের সহিত ঐ বস্তুর উষ্ণতার পার্থক্যের সমানুপাতিক। প্রথমে বস্তুটির উষ্ণতা 100°C। এই সময় পরিপার্শ্বের সহিত ইহার উষ্ণতার ব্যবধান সর্বোচ্চ। কাজেই, এই সময় উষ্ণতা হ্রাসের হারও সর্বোচ্চ হইবে। তাপ বর্জনের ফলে বস্তুটির উষ্ণতা যত কমিবে, পরিপার্শ্বের সহিত ইহার উষ্ণতার পার্থক্যও তত কমিবে। ইহার ফলে বস্তুটির উষ্ণতা-হ্রাসের হারও কমিতে থাকিবে। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে সময়ের সহিত উষ্ণতা-হ্রাসের হার ক্রমাগত কমিতে থাকিবে। একমাত্র a চিহ্নিত লেখচিত্রটিই বস্তুর এই শীতলীভবনকে সঠিকভাবে প্রকাশ করে। b, c এবং d লেখচিত্রগুলির কোনটিই এই শীতলীভবন প্রক্রিয়াটিকে সঠিকভাবে প্রকাশ করিতে পারে না, কেননা, এই লেখচিত্রগুলির মধ্যে কোনটির ক্ষেত্রেই সময়ের সহিত বস্তুর উষ্ণতা-হ্রাসের হার নিরবচ্ছিন্নভাবে কমিতেছে না।

339. পিতল তাপের সুপরিবাহী বলিয়া পাতলা কাগজে জড়ান পিতলের দণ্ডটি একটি শিখার উপর ধরিলে কাগজে সরবরাহিত তাপের বেশির ভাগ পিতলের দণ্ড দিয়া পরিবাহিত হইয়া যায়, ফলে কাগজটি সহজে পুড়িয়া যায় না। কিন্তু কাগজে জড়ান কাঠের দণ্ডকে অগ্নিশিখার উপর ধরিলে ঐ কাগজটি তৎক্ষণাৎ পুড়িয়া যায়, কেননা, কাঠ তাপের কুপরিবাহী বলিয়া কাগজে সরবরাহিত তাপ দ্রুত পরিবাহিত হইয়া যায় না।

340. পরিপার্শ্বের সহিত যে-থার্মোফ্লাস্কের তাপ বিনিময়ের হার অপেক্ষাকৃত কম সেই থার্মোফ্লাস্কটিই অপেক্ষাকৃত ভাল। থার্মোফ্লাস্কের দেওয়াল এবং দুই প্রান্তের মধ্য দিয়া বাহিরের সহিত ইহার তাপ আদান-প্রদান চলে। ফ্লাস্কদ্বয়ের আয়তন এবং উচ্চতা সমান বলিয়া ইহাদের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল সমান হইবে। কাজেই, ইহাদের উভয়ের প্রান্তদ্বয়ের ক্ষেত্রফলও সমান হইবে। কিন্তু ফ্লাস্কদ্বয়ের দেওয়ালের ক্ষেত্রফল সমান হইবে না। বর্গাকার প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট থার্মোফ্লাস্কের দেওয়ালের

ক্ষেত্রফল অপেক্ষা বেলনাকৃতি থার্মোফ্লাস্কটির দেওয়ালের ক্ষেত্রফল ক্ষুদ্রতর। ইহা নিম্নরূপে প্রমাণ করা যায়। মনে করি, বৃত্তাকার প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট ফ্লাস্কের ব্যাস d_1 এবং বর্গাকার প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট ফ্লাস্কের প্রস্থচ্ছেদের প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য d_2।

থার্মোফ্লাস্ক দুইটির দুই প্রান্তের ক্ষেত্রফল সমান বলিয়া লেখা যায়,

$$\pi d_1{}^2/4 = d_2{}^2 \text{ সুতরাং, } d_2 = d_1\sqrt{\frac{\pi}{4}} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এখন, বেলনাকৃতি থার্মোফ্লাস্কের দেওয়ালের ক্ষেত্রফল, $s_1 = \pi d_1 h \cdots$ (ii)

এবং বর্গাকার প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট ফ্লাস্কটির দেওয়ালের ক্ষেত্রফল, $s_2 = 4d_2h$

সমীকরণ (i) হইতে d_2-এর মান বসাইয়া পাই,

$$s_2 = 4hd_1\sqrt{\frac{\pi}{4}} = \sqrt{4\pi}.\, d_1h \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

সমীকরণ (ii) এবং (iii) হইতে লেখা যায়, $s_1 < s_2$ [কেননা, $\sqrt{4\pi} > \pi$]

বেলনাকৃতি থার্মোফ্লাস্কের দেওয়ালের ক্ষেত্রফল অপেক্ষাকৃত কম বলিয়া ইহার ক্ষেত্রে পরিপার্শ্বের সহিত তাপ-বিনিময়ের হারও কম হইবে। সুতরাং, এই থার্মোফ্লাস্কটিও অপরটি অপেক্ষা উৎকৃষ্ট।

341. গোলক, ঘনক এবং পাতলা বৃত্তাকার পাত—এই বস্তু তিনটির উপাদান, ভর এবং প্রাথমিক উষ্ণতা অভিন্ন। কাজেই, যে-বস্তুটি বিকিরণের ফলে প্রতি সেকেণ্ডে সর্বাপেক্ষা বেশি তাপ হারাইবে সেই বস্তুটিই সর্বাপেক্ষা দ্রুত শীতল হইবে এবং যে-বস্তুটি বিকিরণের ফলে প্রতি একক সময়ে সর্বাপেক্ষা কম তাপ হারাইবে সেই বস্তুটি সর্বপেক্ষা মন্থরভাবে শীতল হইবে। জ্যামিতি হইতে আমরা জানি যে, একই আয়তনের বিভিন্ন বস্তুর ক্ষেত্রে গোলকের পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল ন্যূনতম। আলোচ্য বস্তু তিনটির ক্ষেত্রে পাতলা বৃত্তাকার পাতটির পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফলই সর্বাধিক। কাজেই বিকিরণের দরুন গোলকটিই সর্বাপেক্ষা কম হারে তাপ হারাইবে; ফলে ইহা সর্বাপেক্ষা মন্থরভাবে শীতল হইবে। আর, পাতলা পাতটি সর্বাপেক্ষা বেশি হারে তাপ হারাইবে। সুতরাং, ইহা সর্বাপেক্ষা দ্রুত শীতল হইবে।

342. কালো ও অমসৃণ তলদেশবিশিষ্ট পাত্রটি পালিশ-করা তলদেশবিশিষ্ট পাত্র অপেক্ষা অনেক বেশি তাপ শোষণ করে। তাই একই হারে তাপ সরবরাহিত হইলেও উভয় পাত্রের জল একক সময়ে সমান তাপ লাভ করে না। কোন নির্দিষ্ট সময়ে কালো ও অমসৃণ তলদেশবিশিষ্ট পাত্রটি অপেক্ষাকৃত বেশি তাপ শোষণ করে বলিয়া এই পাত্রে রক্ষিত জল অপেক্ষাকৃত কম সময়ে স্ফুটনাঙ্কে আসে।

343. তুষার সচ্ছিদ্র বলিয়া উহাতে বায়ু আবদ্ধ থাকে। কিন্তু বরফে বায়ু আবদ্ধ থাকে না। বায়ু তাপের কুপরিবাহী বলিয়া তুষার বরফ অপেক্ষা উত্তম কুপরিবাহী।

344. বায়ুর পরিবাহিতা কম, কিন্তু মুক্ত অবস্থায় পরিচলন প্রক্রিয়ার সাহায্যেও বায়ু দেহ হইতে তাপ বাহির করিতে পারে। এইজন্য অনাবৃত দেহে থাকিলে বায়ুর পরিচলনের ফলে যথেষ্ট পরিমাণ তাপ দেহ হইতে বাহির হইয়া যায়।

ইহার ফলে আমরা ঠাণ্ডা অনুভব করি। উলের কাপড়ে দেহ আবৃত রাখিলে আমাদের 'গরম' বোধ হয়। নিম্নে ইহার কারণ ব্যাখ্যা করা হইল।

উল সচ্ছিদ্র। উলের সচ্ছিদ্র তন্তুগুলির মধ্যে বায়ু আবদ্ধ থাকে। এই বায়ু পরিচলন প্রক্রিয়ার অংশ গ্রহণ করে না। ফলে, কেবলমাত্র পরিবহন প্রক্রিয়ায় উলের মধ্য দিয়া তাপ বাহির হয়। উলের তন্তু ও উহাতে আবদ্ধ বায়ুর তাপ-পরিবাহিতা কম বলিয়া উলের কাপড়ে দেহ আবৃত রাখিলে দেহ হইতে তাপ-হ্রাসের হার কমে।

345. সবুজ এবং লাল পরস্পরের পরিপূরক রঙ (complementary colours)। অর্থাৎ, সাদা আলো হইতে লাল রঙের আলো শোষিত হইলে অবশিষ্ট আলোকে সবুজ দেখায়। সবুজ কাচ লাল আলো শোষণ করে এবং সবুজ আলো প্রতিফলিত বা অন্তঃসৃত (transmits) করে বলিয়াই উহাকে সবুজ বলিয়া প্রতিভাত হয়।

কিরখফের সূত্র অনুসারে, কোন বস্তু যে-তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের আলোর ক্ষেত্রে উত্তম শোষক সেই তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের আলোর ক্ষেত্রেই উত্তম বিকিরক। সবুজ কাচ লাল আলোর ক্ষেত্রে উত্তম শোষক, কাজেই উত্তপ্ত অবস্থায় উহার বিকিরণে লাল আলোরই আধিক্য থাকিবে। এই কারণেই কোন সবুজ কাচকে চুল্লীতে রাখিয়া উত্তপ্ত করিয়া বাহির করিয়া আনিলে উহা হইতে লাল আভাযুক্ত আলো নিঃসৃত হইতে দেখা যায়।

346. কিরখফের সূত্রানুসারে, কালো বস্তুর বিকিরণ-ক্ষমতা বেশি বলিয়া এইরূপ হইবে। 345 নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

347. কুপরিবাহী বস্ত্রের দ্বারা আবৃত থাকিলে দেহ হইতে তাপ বাহির হইয়া যাইতে পারে না, ফলে শীত-বোধ হয় না। যে-কাপড় যত বেশি কুপরিবাহী সেই কাপড় শীত-বস্ত্র হিসাবে তত বেশি উপযোগী। একটি মোটা কাপড় না পরিয়া উহার অর্ধেক বেধের দুইটি কাপড় পরিলে শীত-নিবারণের কাজ অপেক্ষাকৃত ভাল হয়। ইহার কারণ এই যে, দুইটি কাপড়ের মাঝখানে একটি বায়ুস্তর থাকে। বায়ু তাপের কুপরিবাহী। তাই দুইটি কাপড়ের মধ্যে বায়ুস্তর আবদ্ধ হইলে উহার তাপ-পরিবাহিতা হ্রাস পায়। এইজন্যই, দুইটি সমান বেধের কাপড়ের আস্তরণ উহাদের দ্বিগুণ বেধের কাপড়ের আস্তরণ অপেক্ষা উত্তম শীত-নিবারক।

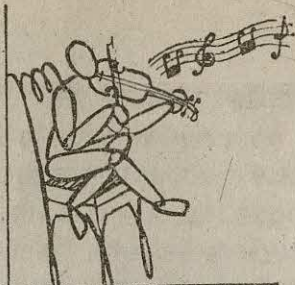
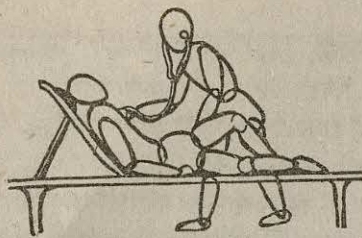
348. বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্টের উষ্ণতা যত বাড়ান যায় ফিলামেন্ট হইতে নিসৃত আলো-প্রবাহও (luminous flux) তত বাড়ে। কাজেই, বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্ট এইরূপ উপাদানে তৈয়ারী হওয়া প্রয়োজন যাহাদের উষ্ণতা যথেষ্ট পরিমাণে বাড়ান যায়। অর্থাৎ, ফিলামেন্টের উপাদানের গলনাঙ্ক উচ্চ হওয়া প্রয়োজন। তাহা ছাড়া, ফিলামেন্টের উপাদানের বাষ্পচাপও কম হওয়া বাঞ্ছনীয়। ফিলামেন্টের উপাদানের বাষ্পচাপ যত বেশি হইবে উত্তপ্ত অবস্থায় ফিলামেন্টটি তত বেশি বাষ্পায়িত হইবে। এই বাষ্পায়নের ফলে ফিলামেন্ট সরু হইয়া যায় এবং অচিরেই বাতির ফিলামেন্টটি 'কাটিয়া' যায়। ইহা ছাড়া, বাষ্পায়িত অণুগুলি বাতির স্বচ্ছ কুণ্ডের গায়ে জমা হইয়া উহাকে কালো করিয়া দেয়, ইহাতে বাতি হইতে নিঃসৃত আলোর পরিমাণ কমিতে থাকে।

টাংস্ট্যানের গলনাঙ্ক উচ্চ। তাহা ছাড়া, ইহার বাষ্পচাপ কম। প্রধানত এই দুইটি কারণে বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্ট নির্মাণে টাংস্ট্যান ব্যবহৃত হয়।

349. গ্রীষ্মকালে দিনের বেলা সূর্যের প্রখর তাপে ঘরের বাহিরে বায়ুর উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়। এই সময় ঘরের দরজা-জানালা খোলা রাখিলে ঘরে উষ্ণ বায়ু প্রবেশ করে, ফলে ঘর গরম হইয়া উঠে। এই সময় দরজা-জানালা বন্ধ রাখিলে বাহিরের বায়ু ঘরে প্রবেশ করিতে পারে না। ঘরের ভিতরের উষ্ণতা অপেক্ষা বাহিরের উষ্ণতা বেশি থাকে বলিয়া এই সময় ঘরের দেওয়ালের মধ্য দিয়া কেবলমাত্র পরিবহণ প্রক্রিয়ার সাহায্যে বাহিরের তাপ ভিতরে প্রবেশ করে। কিন্তু দেওয়ালের উপাদানের তাপ-পরিবাহিতা খুব কম বলিয়া বাহির হইতে খুব কম তাপই ঘরে আসিতে পারে। ছাদ বা দেওয়ালের মধ্য দিয়া প্রবাহিত উষ্ণতা-তরঙ্গের দ্রুতি (speed of the temperature wave) দেওয়ালের উপাদানের তাপীয় ব্যাপনতা (thermal diffusivity) দ্বারা নির্ধারিত হয়। উষ্ণতা-তরঙ্গের দ্রুতি ঐ মাধ্যমের তাপীয় ব্যাপনতার বর্গমূলের সমানুপাতিক। ছাদ ও দেওয়ালের উপাদান ইট, কংক্রিট ইত্যাদির তাপীয় ব্যাপনতা কম বলিয়া বাহিরের উষ্ণতা ভিতরে সঞ্চালিত হইতে যথেষ্ট সময় লাগে। কংক্রিটের তাপীয় ব্যাপনতা 0·0058 সি. জি. এস. একক ধরিয়া হিসাব করিলে দেখান যায় যে, কংক্রিটের মধ্য দিয়া উষ্ণতা-তরঙ্গের গতিবেগ ঘণ্টায় মাত্র 3·3 cm। কাজেই, 20 cm বেধবিশিষ্ট ছাদ ও দেওয়াল ভেদ করিতে উষ্ণতা-তরঙ্গের প্রায় 6 ঘণ্টার মত সময় লাগে। কাজেই, বাহিরের উষ্ণতা দুপুর 2টা নাগাদ সর্বোচ্চ হইলে ঘরের ভিতরের উষ্ণতা সর্বোচ্চ হইবে রাত্রি ৪টা নাগাদ (দরজা-জানালা বন্ধ থাকিলে)। ইহার অনেক পূর্বেই বাহিরের উষ্ণতা কমিয়া যায়। তখন দরজা-জানালা খুলিয়া দিলে বাহিরের শীতল বায়ু ঘরে প্রবেশ করিয়া ঘরকে শীতল রাখে।

কাজেই, গ্রীষ্মকালে ঘর শীতল রাখিবার জন্য সর্বক্ষণ ঘরের দরজা-জানালা খুলিয়া না রাখিয়া দিনের বেলা দরজা-জানালা বন্ধ রাখিয়া রাত্রিতে খুলিয়া দেওয়াই শ্রেয়।

350. মসৃণ পাত্র অপেক্ষা অমসৃণ পাত্র বেশি তাপ শোষণ করে। অনুরূপভাবে, সাদা পাত্র অপেক্ষা কালো পাত্র বেশি তাপ শোষণ করে। ফলে রান্নার পাত্র অমসৃণ এবং কালো হওয়া বাঞ্ছনীয়।

তরঙ্গ ও কম্পন

প্রশ্নাবলী

351. একটি বিলিয়ার্ড বল মসৃণ বিলিয়ার্ড টেবিলের এক ধারে লম্বভাবে আঘাত করিল এবং প্রতিক্ষিপ্ত হইয়া ফিরিয়া টেবিলের বিপরীত দিকের ধারে আসিয়া আঘাত করিল। এইভাবে বিলিয়ার্ড বলটি পুনঃপুনঃ প্রতিক্ষিপ্ত হইয়া একবার এপাশে এবং একবার ওপাশে যাতায়াত করিতে লাগিল। বলটি কি সরল দোল নিষ্পন্ন করিতেছে ?

[A billiard ball hits the edge of the billiard table perpendicularly, bounces back and strikes the opposite edge, bounces off it, and continues back to the opposite edge, and so forth. Is the billiard ball moving with simple harmonic motion ?

352. সরল দোল গতিসম্পন্ন কণার ত্বরণের সহিত সম বৃত্তীয় গতিসম্পন্ন কণার ত্বরণের অভিমুখের তুলনা কর।

[Compare the acceleration of a particle executing simple harmonic motion with that of a particle moving uniformly in a circular path.]

353. 'সকল সরল দোল গতিই পর্যাবৃত্ত গতি, কিন্তু সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল দোল গতি নয়।' ব্যাখ্যা কর।

['All simple hormonic motions are periodic, but all periodic motions are not simple harmonic.' Explain the statement.]

[Model question (Calcutta University)]

354. দেখাও যে, দোলন-বিস্তার কম হইলে দোলকের পিণ্ড সরল দোল গতি নিষ্পন্ন করে। এই সরল দোল গতির দোলনকাল কত ?

[Show that if the amplitude of oscillation is small, the bob of a pendulum executes simple harmonic motion. What is the time period of this simple harmonic motion ?]

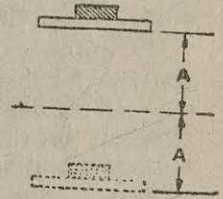
355. একটি ঘড়ি স্প্রিং-এর দোলনের ভিত্তিতে এবং অপর একটি ঘড়ি দোলকের সাহায্যে চলে। ইহাদিগকে মঙ্গলগ্রহে লইয়া যাওয়া হইল। উহারা পৃথিবীতে যেরূপ সময় রাখিত, এক্ষেত্রেও কি সেইরূপ সময় রাখিবে ? ব্যাখ্যা কর।

(মঙ্গলগ্রহের ভর পৃথিবীর ভরের 0·1 গুণ এবং ইহার ব্যাসার্ধ পৃথিবীর ব্যাসার্ধের 1·5 গুণ)।

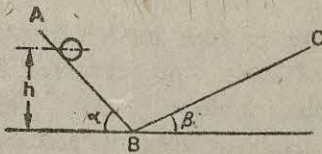
[One clock is based on an oscillating spring and the other on a pendulum. Both of them are taken to the surface of the Mars. Will they keep the same time there that they kept on the earth ? Explain. (The Mars has a mass 0·1 times that of the earth and a radius 1·5 times that of the earth.)]

356. আমাদের একটি অজানা ভরবিশিষ্ট ব্লক এবং অজানা বল ধ্রুবকবিশিষ্ট স্প্রিং আছে। দেখাও যে, ব্লকটিকে স্প্রিং হইতে ঝুলাইয়া স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য-বৃদ্ধি মাপিয়া আমরা স্প্রিং-সংস্থার দোলনের দোলনকাল কী হইবে তাহা বলিতে পারি।

[We have a block of unknown mass and a spring of unknown force constant. Show that we can predict the period of oscillation of this block-spring system by measuring the extension of the spring by attacting the block to the spring.]

357. একটি স্ট্যাণ্ডের উপর একটি ব্লক স্থাপন করা হইল (চিত্র 194)। স্ট্যাণ্ডটি উল্লম্ব রেখা বরাবর A বিস্তার লইয়া সরল দোল গতি সম্পাদন করিতেছে। এই দোলনের ন্যূনতম দোলনকাল কত হইলে স্ট্যাণ্ডের উপর অবস্থিত ব্লকটি ঐ স্ট্যাণ্ড হইতে পৃথক হইবে না।

চিত্র 194

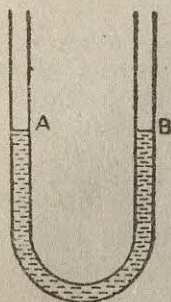
[A block is placed on a stand (Fig. 194) The stand makes simple harmonic oscillations in a vertical line, the amplitude of oscillation being A. What must be the least period of these oscillations, if the block lying on the top of the stand is not to be separated from it ?]

358. একটি বল দুইটি নততল বরাবর একবার উপরে উঠিতেছে এবং ইহার পর নিচে নামিতেছে (চিত্র 195)। এই আন্দোলনের দোলনকাল নির্ণয় কর। ঘর্ষণ ও সংঘাতজনিত শক্তির অপচয় উপেক্ষা কর।

চিত্র 195

[Find the period of oscillation of a ball slipping down and then up two inclined planes (Fig. 195). Neglect friction and loss of energies upon impact.]

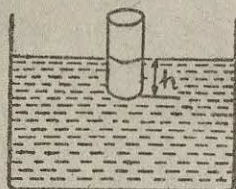
359. তোমার নিকট একটি হাল্কা স্প্রিং, একটি মিটার স্কেল এবং একটি জানা ভর রহিয়াছে। কোন ঘড়ির সাহায্য না লইয়া কীরূপে স্প্রিং-টির সহিত যুক্ত ভরের দোলনকাল নির্ণয় করিবে?

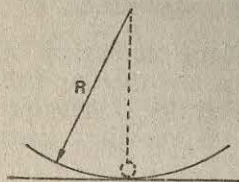
[You have a light spring, a metre scale and a known mass. How will you find the time period of oscillation of the mass attached to the spring without the use of clock ?] (I. I. T. Adm. Test 1974)

360. দেখাও যে, যদি একটি U-নলের এক বাহুতে ধীরে ফুঁ দিয়া উহার তরলকে অবনমিত করা হয় তাহা হইলে উহার দুই বাহুর তরলদ্বয় উহাদের সাম্যাবস্থান A এবং B-এর দুই পাশে সরল দোল গতিতে আন্দোলিত হইতে থাকে (চিত্র 196)। এই দোল গতির দোলনকাল নির্ণয় কর।

[Show that if the liquid on one side of a U-tube is depressed by blowing gently down that side, the levels of the liquid start oscillating harmonically about their respective mean position A and B (Fig. 196). Find the period of oscillation.]

চিত্র 196

361. একটি সুষম প্রস্থ-চ্ছেদবিশিষ্ট একটি কাঠের দণ্ড h উচ্চতা জলের তলায় রাখিয়া খাড়াভাবে ভাসিতেছে (চিত্র 197)। দেখাও যে, যদি দণ্ডটিকে কিছুটা ডুবাইয়া ছাড়িয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে ইহা সরল দোল গতি সম্পাদন করিবে। এই দোল গতির দোলনকাল নির্ণয় কর।

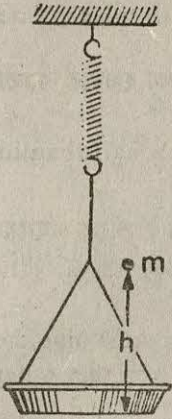
[A uniform wooden rod floats upright in water with a length h immersed (Fig. 197). If the rod is depressed slightly and then released, prove that it moves with simple harmonic motion, and find the period.]

চিত্র 197

362. একটি ক্ষুদ্র গোলককে অনুভূমিক টেবিলে রক্ষিত R বক্রতা-ব্যাসার্ধের অবতল পৃষ্ঠে রাখা হইল (চিত্র 198)। গোলকটিকে উহার সাম্যাবস্থান হইতে সামান্য সরাইয়া ছাড়িয়া দেওয়া হইল। যদি গোলকের সরণ অবতল পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধের তুলনায় অতি ক্ষুদ্র হয় তবে দেখাও যে, গোলকটি সরল দোল গতি সম্পাদন করে। ইহার দোলনকাল নির্ণয় কর।

চিত্র 198

[A small sphere is kept on a smooth concave surface of radius of curvature R placed on a horizontal table (Fig. 198). The sphere is slightly displaced from its position of rest and then let go. If the displacement of the sphere is very small compared to the curvature of the concave surface, show that the sphere executes simple harmonic motion. Find its period.]

363. m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তুকণাকে l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট এবং A প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট একটি ভরহীন তারের একটি প্রান্ত হইতে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক Y হইলে উল্লম্ব অভিমুখে ইহার দোলনের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

A point mass m is suspended at the end of a massless wire of length l and cross-section A. If Y is Young's modulus for the wire, obtain the frequency of oscillation for the simple harmonic motion along the vertical line] (I. I. T. Adm Test, 1978]

364. h উচ্চতা হইতে m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তু K স্থিতিস্থাপক-ধ্রুবকবিশিষ্ট একটি স্প্রিং-এর প্রান্ত হইতে ঝুলান একটি তুলাপাত্রের উপর পড়িল (চিত্র 199)। বস্তুটি তুলাপাত্রের উপর থাকিয়া গেল, অর্থাৎ তুলাপাত্রের তুলার সহিত ইহার সংঘাতটি আদর্শ অস্থিতিস্থাপক সংঘাত। ইহাতে তুলাপাত্রটি কম্পিত হইতে থাকে। তুলাপাত্রের কম্পনের বিস্তার নির্ণয় কর। তুলাপাত্রের ওজন উপেক্ষা কর।

চিত্র 199

[A body of mass m falls from a height h on a scale pan suspended from a spring whose coefficient of elasticity is K ; the body remains on the pan, i.e., its impact on the bottom of the scale pan may be considered perfectly inelastic (Fig. 199). The pan begins to oscillate, Find the amplitude of this oscillation. Neglect the weight of the pan.]

365. মৌমাছি উড়িবার সময় গুন্‌গুন্‌ শব্দ সৃষ্টি করে। ব্যাখ্যা কর।

[A bee in flight sets up a humming sound. Explain.]

366. যান্ত্রিক তরঙ্গ বা তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গের সঞ্চালনের জন্য কোন মাধ্যমের প্রয়োজন হয় কি ?

[Is it necessary to have a medium for the transmission of mechanical, or electromagnetic waves ?]

367. একটি বৈদ্যুতিক বাতি ভাঙিলে জোরে শব্দ হয় কেন ?

[Why an electric bulb makes a bang when it is broken ?]

368. সকল সমমেলই উপসুর, কিন্তু সকল উপসুর সমমেল নয়। উক্তিটি আলোচনা কর।

[All harmonics are overtones, but all overtones are not harmonics. Discuss.]

369. বেতার-তরঙ্গ অট্টালিকার পাশ দিয়া সহজেই অপবর্তিত হয়, কিন্তু আলোক-তরঙ্গ তাহা হয় না কেন ? ব্যাখ্যা কর।

[Explain why radio waves diffract readily around buildings whereas light waves do not.]

370. বজ্রপাতের সময় সংঘটিত বিদ্যুৎ-মোক্ষণ দেখার অনেকক্ষণ পর বজ্রনাদ শোনা যায় কেন ?

[Why is sound of thunder acompanying a lightning heard much later than the observation of lightning discharges ?]
(Marine Eng. Adm. Test, 1978)

371. সুরজ্ঞানসম্পন্ন জনৈক পুলিশ তাহার পাশ দিয়া অতিক্রান্ত কোন মোটর গাড়ির হর্নের শব্দের তীক্ষ্ণতার হ্রাস হইতে ঐ গাড়ির দ্রুতি নির্ধারণ করিতে পারে বলিয়া রিপোর্ট পাওয়া গেল। এই রিপোর্টের সপক্ষে তাত্ত্বিক ব্যাখ্যা দাও।

[It was reported that a musical policeman could estimate the speed of a motor car by the drop in pitch of the horn sound as the car passed him. Give a theoretical explanation to substantiate this report.]

372. খোলা জায়গায় বহু শ্রোতার সম্মুখে বক্তৃতা করা অপেক্ষা হলঘরে বক্তৃতা করা সহজতর।

[It is easier to speak before a large audience in a hall than in open air.]

373. যখন কোন ব্যক্তি একটি ইস্পাতের নলের এক প্রান্তে হাতুড়ির সাহায্যে আঘাত করে তখন ঐ নলের অপর প্রান্তে কান পাতিয়া কোন শ্রোতা দুইটি সুস্পষ্ট শব্দ শুনিতে পায়। ব্যাখ্যা কর।

[If an observer places his ear at the end of a long steel pipe, he can hear two distinct sounds when a person hammers on the other end of the pipe. Explain.]

374. একটি শূন্য পাত্র একটি পূর্ণ পাত্র অপেক্ষা বেশি শব্দ উৎপন্ন করে। ব্যাখ্যা কর।

[An empty vessel produces more sound than a filled one. Explain.]

375. একটি ক্রীড়া-প্রতিযোগিতায় 200 মিটার সোজা দৌড়ের সময় নির্ধারণের জন্য প্রতিযোগীদের প্রারম্ভিক অবস্থান হইতে আগত সূচনা-ঘোষক বন্দুকের আওয়াজ শুনিয়া অন্তিম অবস্থানে স্টপ্-ওয়াচ চালু করা হইল। সময়ের পাঠ কখন অধিকতর সঠিক হইবে? গ্রীষ্মকালে, নাকি শীতকালে?

[In a sports meet the timing of a 200 metres straight dash is recorded at the finish point by starting an accurate stop watch on hearing the sound of the starting gun fired at the starting point. Will the time recorded be more accurate in summer or in winter?]

(I. I. T. Adm. Test, 1973)

376. যখন কোন অর্গান পাইপ বাজান হইতেছে তখন উহার মধ্যবর্তী বায়ু-স্তম্ভের উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইল। ইহাতে মূল সুর কীরূপভাবে প্রভাবিত হইবে? তার-নির্মিত যন্ত্রের ক্ষেত্রেও অনুরূপ প্রভাব দেখা যাইবে বলিয়া মনে কর কি?

[When an organ pipe is played the temperature of the air column inside it is increased. What effect does this have on its fundamental frequency? Do you expect any similar effect for a stringed instrument?]

377. কোন অর্গান নলের বায়ুকে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে অর্গান নল হইতে নিঃসৃত সুরের তীক্ষ্ণতার কীরূপ পরিবর্তন হয়?

[How will the pitch of the note of an organ pipe be affected if the air in the pipe is replaed by carbon dioxide ?]

378. 'এক মুখ বন্ধ অর্গান নল হইতে নিঃসৃত শব্দ অপেক্ষা দুইমুখ খোলা অর্গান নল হইতে নিঃসৃত শব্দ অধিকতর সুরসম্পন্ন।' ব্যাখ্যা কর।

['Sound emitted by an open organ pipe is more musical than that emitted by an organ pipe closed at one end.' Explain.]

[H. S. 1980]

379. আলোক-তরঙ্গ ও শব্দ-তরঙ্গের পার্থক্যগুলি আলোচনা কর।

[Discuss the differences between light and sound waves.]

380. দিনের আকাশ উজ্জ্বল কেন ? চাঁদে দিনের আকাশ উজ্জ্বল দেখায় কি ?

[Why is daytime sky bright ? Is the daytime sky bright on the moon ?]

381. কোন্ প্রক্রিয়া হইতে আলোক-তরঙ্গের তির্যক প্রকৃতির নিশ্চিত প্রমাণ পাওয়া যায় ?

[What phenomenon does conclusively prove that light waves are transverse in nature ?]

382. যখন দুইটি তরঙ্গের ব্যতিচার ঘটে তখন কি শক্তির বিনাশ ঘটে ? ব্যাখ্যাসহ উত্তর দাও।

[When waves interfere, is there a loss of energy ? Explain your answer.] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন ; 1979)

383. দুইটি টর্চলাইট হইতে নিঃসৃত আলোর মধ্যে ব্যতিচার দেখা যায় না কেন ?

[Why don't we observe interference effects between the light beams emitted by two torchligh ?] (সংসদের নমুনা প্রশ্ন ; 1979)

384. ক্যামেরা লেন্সের দুই পৃষ্ঠে অনেক সময় পাতলা ঝিল্লির আবরণ দেওয়া হয় কেন ?

[Why are the surfaces of the lenses of cameras often coated with layers of thin film ?]

385. একটি অসমবর্তিত আলো দুইটি সমবর্তকের উপর আপতিত হইল। সমবর্তক দুইটি এমনভাবে সজ্জিত রহিয়াছে যাহাতে উহাদের মধ্য দিয়া কোন আলো অন্তঃসৃত না হইতে পারে। তৃতীয় একটি সমবর্তককে উহাদের মাঝামাঝি স্থাপন করিলে সমবর্তকগুলির মধ্য দিয়া আলো অন্তঃসৃত হইবে কি ?

[A beam of unpolarised light falls on two polarisers placed one behind the other and so oriented that no light is transmitted. If a third polarising sheet is placed between them, can light be transmitted through the polarisers ?]

সমাধান

351. সরল দোলগতি একটি বিশেষ ধরনের পর্যাবৃত্ত গতি। ইহার বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ—

(i) ইহা একটি সরল রৈখিক পর্যাবৃত্ত গতি, (ii) এই গতিসম্পন্ন বস্তুকণার উপর ক্রিয়াশীল বল এবং ত্বরণ একটি নির্দিষ্ট বিন্দু (গতিপথের মধ্যবিন্দু) হইতে ঐ বস্তুকণার দূরত্বের সমানুপাতিক এবং (iii) বস্তুকণার ত্বরণ সর্বদা উহার গতিপথের মধ্যবিন্দুর অভিমুখে ক্রিয়াশীল।

বিলিয়ার্ড বলটি বার বার প্রতিক্ষিপ্ত হইয়া একটি সরলরেখা বরাবর এপাশ-ওপাশ যাতায়াত করিতেছে। কিন্তু সরল দোল গতির অন্য শর্তগুলি পালিত হইতেছে না বলিয়া বিলিয়ার্ড বলের গতিকে সরল দোল গতি বলা যায় না। সরল গতি নিষ্পন্নকারী বস্তুকণার উপর সর্বদা একটি ত্বরণ ক্রিয়া করে এবং এই ত্বরণের মান গতিপথের মধ্যবিন্দু হইতে ইহার দূরত্বের সমানুপাতিক। বিলিয়ার্ড বলের এইরূপ কোন ত্বরণ নাই। টেবিলের ঘর্ষণ উপেক্ষা করিলে বলা যায় যে, কেবলমাত্র বিলিয়ার্ড টেবিলের দুই ধারের সহিত সংঘাত-কালে আবেগী-বল (impulsive force)-এর ক্রিয়ায় ইহার গতিবেগের পরিবর্তন হয় (অর্থাৎ, ইহার ত্বরণ সৃষ্টি হয়)। প্রতিক্ষিপ্ত হইয়া এক পার্শ্ব হইতে অন্য পার্শ্বে আসিবার সময় ইহার গতিবেগের কোন পরিবর্তন হয় না। সরল দোল গতিসম্পন্ন কণার গতিবেগ উহার গতিপথের মধ্যবিন্দুতেই সর্বাপেক্ষা বেশি হয়—বিলিয়ার্ড বলের ক্ষেত্রে এইরূপ হয় না। কাজেই, বিলিয়ার্ড বলের গতিকে সরল দোলগতি বলা যায় না।

352. সরল দোল গতি নিষ্পন্নকারী কণার ত্বরণ উহার গতিপথের মধ্যবিন্দুর অভিমুখে ক্রিয়াশীল ; এক্ষেত্রে কণাটি যে-সরলরেখা বরাবর চলিতেছে কণার ত্বরণও সর্বদা ঐ সরলরেখা বরাবর ক্রিয়াশীল। এই ত্বরণের মান সর্বদা সমান থাকে না। কোন নির্দিষ্ট অবস্থানে সরল দোলগতি নিষ্পন্নকারী কণার ত্বরণ উহার গতিপথের মধ্যবিন্দু হইতে উহার দূরত্বের সমানুপাতিক।

সমবৃত্তীয় গতিসম্পন্ন কণার ত্বরণ সর্বদা উহার বৃত্তাকার গতিপথের কেন্দ্রের দিকে ক্রিয়াশীল। এক্ষেত্রে কণার ত্বরণ (অভিকেন্দ্র ত্বরণ) সর্বদা উহার গতিপথের অভিলম্ব বরাবর ক্রিয়া করে। কণার সকল অবস্থানে এই ত্বরণের মান সমান।

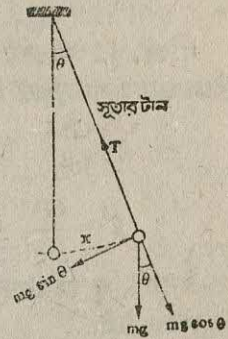
353. একটি নির্দিষ্ট সময় পর পর যে-গতির পুনরাবৃত্তি ঘটে তাহাকে পর্যাবৃত্ত গতি বলা হয়। সরল দোল গতি একটি বিশেষ ধরণের পর্যাবৃত্ত গতি। ইহার কয়েকটি বৈশিষ্ট্য আছে। যথা : (i) ইহা একটি সরলরৈখিক পর্যাবৃত্ত গতি। (ii) এই গতিসম্পন্ন বস্তুকণার ত্বরণ গতিপথের মধ্যবিন্দু হইতে উহার দূরত্বের সমানুপাতিক এবং (iii) এই গতিসম্পন্ন কণার ত্বরণ সর্বদা উহার গতিপথের মধ্যবিন্দুর দিকে ক্রিয়াশীল।

সকল পর্যাবৃত্ত গতির এই সকল বৈশিষ্ট্য থাকে না। ঘড়ির কাঁটার গতি, সূর্যের চারিদিকে গ্রহগুলির গতি,—ইহারা পর্যাবৃত্ত গতির দৃষ্টান্ত, কিন্তু ইহারা সরল

দোল গতি নয়। কাজেই এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, সকল সরল দোল গতি পর্যাবৃত্ত হইলেও সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল দোল গতি নয়।

354. মনে করি, কোন নির্দিষ্ট মুহূর্তে দোলকের সূতা অনুভূমিক রেখার সহিত θ-কোণ করিয়া আছে (চিত্র 200)। এই অবস্থায় পিণ্ডের ভরকে দুই উপাংশে ভাগ করা যায়। যথা—(i) $mg\cos\theta$ (সূতার দৈর্ঘ্য বরাবর ক্রিয়াশীল) এবং (ii) $mg\sin\theta$ (সূতার দৈর্ঘ্যের সহিত লম্বভাবে ক্রিয়াশীল)।

চিত্র 200

$mg\cos\theta$ উপাংশটি সূতার টান T দ্বারা প্রতিমিত হইয়া যাইবে। কিন্তু $mg\sin\theta$ উপাংশটিকে প্রতিমিত করিবার মত কোন বল পিণ্ডের উপর ক্রিয়া করিতেছে না। কাজেই, পিণ্ডের উপর ক্রিয়াশীল অসম বল $= mg\sin\theta$

$\therefore$ দোলক-পিণ্ডের ত্বরণ, $f=\dfrac{mg\sin\theta}{m}=g\sin\theta=g\theta$ (θ ক্ষুদ্র হইলে) $=g\dfrac{x}{l}$

এখানে, $x =$ মধ্যবিন্দু হইতে পিণ্ডের দূরত্ব

$\therefore$ দোলক-পিণ্ডের ত্বরণ $\propto x$

ইহার অভিমুখ মধ্যবিন্দুর দিকে। দোলকের কৌণিক বিস্তার খুব কম হইলে পিণ্ডটির গতিপথকে সরলরেখা ধরিয়া লওয়া যায়। সেক্ষেত্রে দোলকের গতি সরল দোল গতির সকল শর্ত মানিয়া চলে। কাজেই বলা যায় যে, দোলন বিস্তার কম হইলে দোলকের পিণ্ডটি সরল দোলগতি নিষ্পন্ন করে।

আমরা জানি, দোলক-পিণ্ডের ত্বরণ, $f=\dfrac{g}{l}.x$

$\therefore$ কাজেই, মধ্যবিন্দু হইতে একক সরণে দোলক-পিণ্ডের ত্বরণ

$$=\frac{f}{x}=\frac{g}{l}$$

সরল দোল গতির দোলনকাল $= 2\pi\sqrt{\dfrac{1}{\text{একক সরণে ত্বরণ}}}=2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$

355. যে-ঘড়ি স্প্রিং-এর দোলনের ভিত্তিতে চলে অভিকর্ষ ক্ষেত্রের প্রাবল্য বদলাইতে উহার দোলনকালের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। এইরূপ ঘড়ির দোলনকাল স্প্রিং-এর স্থিতিস্থাপকতা ও জাড্যের উপর নির্ভর করে। কাজেই, এইরূপ ঘড়িকে পৃথিবী-পৃষ্ঠ হইতে মঙ্গল-পৃষ্ঠে লইয়া গেলে উহার দোলনকালের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না।

কিন্তু যে-ঘড়ির দোলন দোলকের দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় উহার দোলনকাল অভিকর্ষ-

ক্ষেত্রের প্রাবল্যের উপর নির্ভরশীল। এইরূপ ঘড়ির দোলনকাল অভিকর্ষজ ত্বরণ g-এর বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ, দোলনকাল

$$T \propto \frac{1}{\sqrt{g}} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

পৃথিবী-পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ g এবং মঙ্গল-গ্রহে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান g' হইলে প্রশ্নের শর্তানুসারে লেখা যায়,

$$g=\frac{GM}{R^2} \quad (M = \text{পৃথিবীর ভর এবং } R = \text{পৃথিবীর ব্যাসার্ধ}) \cdots \quad \text{(ii)}$$

$$g' = \frac{GM'}{R'^2} = \frac{G \times (0{\cdot}1\ M)}{(1{\cdot}5\ R)^2} = \frac{GM}{R^2} \times \frac{1}{22{\cdot}5} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

কাজেই, ভূপৃষ্ঠে কোন দোলনকাল T এবং মঙ্গলগ্রহে উহার দোলনকাল T' হইলে (i) হইতে পাই,

$$\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{g}{g'}} = \sqrt{22{\cdot}5} \quad \text{[(ii) এবং (ii) হইতে]}$$

$$\therefore \quad T' = 4{\cdot}74T$$

কাজেই, দোলক-নিয়ন্ত্রিত ঘড়ির দোলনকাল 4·74 গুণ বাড়িয়া যাইবে।

356. মনে করি, স্প্রিং-টির বল ধ্রুবক K এবং উহা হইতে ঝুলান ব্লকটির ভর M। এই বস্তুটিকে নিম্নাভিমুখে সামান্য টানিয়া ছাড়িয়া দিলে উহা স্পন্দিত হইতে থাকে। এই স্পন্দনের দোলনকাল,

$$T=2\pi\sqrt{\frac{M}{K}} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

দেখা যাইতেছে যে, স্প্রিং-এ ঝুলান ব্লকের অনুদৈর্ঘ্য কম্পনের দোলনকাল বস্তুর ভর M এবং স্প্রিং-এর বল ধ্রুবক K-এর অনুপাতের উপর নির্ভরশীল। M এবং K-এর মান পৃথভকাবে জানা না থাকিলেও M ভরবিশিষ্ট ব্লকের ওজনের টানে স্প্রিংটির কত দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হইয়াছে তাহা জানিয়া ইহাদের অনুপাত M/K জানা যায়। নিম্নে তাহা দেখান হইল।

M ভরবিশিষ্ট বস্তুর ওজনের প্রভাবে স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি x হইলে লেখা যায়,

$$Mg = Kx$$

কেননা প্রযুক্ত বল এবং স্থিতিস্থাপকতাজনিত প্রত্যানয়ক বল পরস্পর সমান।

$$\therefore \quad \frac{M}{K} = \frac{x}{g} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

সুতরাং, সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে লেখা যায়, $T = 2\pi\sqrt{\frac{x}{g}}$

কাজেই, স্থানীয় অভিকর্ষজ ত্বরণ g জানা থাকিলে স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি মাপিয়া স্প্রিং হইতে ঝুলান ব্লকের অনুদৈর্ঘ্য কম্পনের কম্পাঙ্ক জানা যায়।

357. কোন অবস্থানে স্ট্যাণ্ডটির নিম্নাভিমুখী ত্বরণ g অপেক্ষা বেশি না হইলে ব্লকটি স্ট্যাণ্ড হইতে পৃথক হইবে না। স্ট্যাণ্ডটি যে-মুহূর্তে উহার সর্বোচ্চ অবস্থানে পৌঁছে সেই মুহূর্তে উহার নিম্নাভিমুখী ত্বরণের মান সর্বাধিক।

স্ট্যাণ্ডের দোলন-বিস্তার A এবং দোলনকাল T হইলে উহার নিম্নাভিমুখী ত্বরণ, f-এর মান $A(2\pi/T)^2$ হইবে।

দোলনকাল T-এর যে-সর্বনিম্ন মান পর্যন্ত ব্লকটি পৃথক হইবে না T-এর সেই মানে স্ট্যাণ্ডের ত্বরণ অভিকর্ষজ ত্বরণের সমান, অর্থাৎ,

$$A\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = g \quad \text{বা,} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{A}{g}}$$

358. মনে করি, বলটি h উচ্চতা হইতে AB নততল বাহিয়া নামিতে শুরু করিয়াছে (চিত্র 195)। বলটি যে-গতিবেগে উহার সর্বনিম্ন অবস্থান B-তে আসে তাহার মান $v_0 = \sqrt{2gh}$ ... (i)

ইহার পর বলটি সম-মন্দন লইয়া অপর নততল BC বরাবর উপরে উঠিতে থাকে। B হইতে BC বরাবর যাত্রা শুরু করিবার t সময় পর বলটির গতিবেগ,

$v = v_0 - g\sin\beta . t$; কেননা, BC নল বরাবর উঠিবার সময় ইহার মন্দন $= g\sin\beta$ (ঘর্ষণ উপেক্ষা করিয়া)।

যতক্ষণ পর্যন্ত বলটির গতিবেগ শূন্য না হয় ততক্ষণ বলটি উপরে উঠিবে। t_1 সময় বস্তুটি উহার সর্বোচ্চ অবস্থানে উঠিলে লেখা যায় যে,

$$0 = v_0 - g\sin\beta . t_1 \quad \text{বা,} \quad t_1 = \frac{v_0}{g\sin\beta}$$

সর্বোচ্চ অবস্থান হইতে পুনরায় B বিন্দুতে ফিরিয়া আসিতে বলটি একই সময় লইবে। কাজেই, ডান পার্শ্বের নততল বাহিয়া উঠিতে এবং নামিতে বলটি মোট সময় নেয়, $T_1 = \dfrac{2v_0}{g\sin\beta}$ .... (ii)

অনুরূপভাবে, B বিন্দু হইতে বাম পার্শ্বের নততল বাহিয়া উপরে উঠিয়া পুনরায় B বিন্দুতে নামিয়া আসিতে বলটির মোট সময় নেয়

$$T_2 = \frac{2v_0}{g\sin\alpha} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

সুতরাং, বলটির দোলনকাল, $T = T_1 + T_2 = \dfrac{2v_0}{g}\left(\dfrac{1}{\sin\alpha} + \dfrac{1}{\sin\beta}\right)$ ... (iv)

সমীকরণ (i) হইতে v_0-এর মান বসাইয়া পাই,

$$T = 2\sqrt{\frac{2h}{g}}\left(\frac{1}{\sin\alpha} + \frac{1}{\sin\beta}\right)$$

359. কোন হাল্কা স্প্রিং-এর নিম্নপ্রান্ত হইতে m ভরবিশিষ্ট কোন বস্তুকে ঝুলাইয়া দিলে ঐ বস্তুর কম্পনের পর্যায়কাল

$$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} \quad \cdots \quad (i)$$

এখানে K হইল স্প্রিং-এর বল ধ্রুবক (force constant)। একক দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি করিতে স্প্রিংটির উপর যে-বল প্রয়োগ করিতে হইবে উহাকে স্প্রিং-এর বল ধ্রুবক বলা হয়।

প্রথমে স্প্রিংটিকে উল্লম্বভাবে ঝুলাইয়া দিয়া মিটার স্কেলের সাহায্যে ইহার দৈর্ঘ্য-মাপা হইল। এইবার স্প্রিংটির নিম্নপ্রান্তে m ভরবিশিষ্ট বস্তুকে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। ইহাতে স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাইবে। মিটার স্কেলের সাহায্যে স্প্রিংটির নিম্নপ্রান্তের নূতন অবস্থান মাপিয়া স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি x-এর মান নির্ণয় করা হইল।

কাজেই, $mg=Kx$ বা, $K=\frac{mg}{x}$ $\quad \cdots \quad$ (ii)

সুতরাং, সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{(mg/x)}}=2\pi\sqrt{\frac{x}{g}}$$

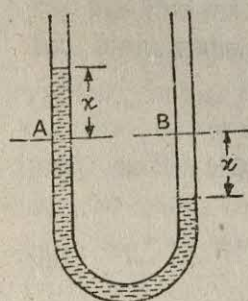
সুতরাং, অভিকর্ষজ ত্বরণ g-এর মান জানা থাকিলে দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি x-এর মান মাপিয়া কোন ঘড়ির সাহায্য ছাড়াই ভরটির স্পন্দনের পর্যায়কালের মান নির্ণয় করা যায়।

360. মনে করি, কোন নির্দিষ্ট মুহূর্তে নলের বাম বাহুর তরলতলের অবস্থান উহার সাম্যাবস্থান A হইতে x উচ্চতা উপরে রহিয়াছে (চিত্র 201)। কাজেই, অপর বাহুর তরলতল সাম্যাবস্থান B হইতে x গভীরতা নীচে রহিয়াছে। এই অবস্থায় নলের তরলের উপর ক্রিয়াশীল অসম বল (F)=দুই বাহুর উচ্চতার ব্যবধান × তরলের ঘনত্ব (ρ)×U-নলের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল (α)×অভিকর্ষজ ত্বরণ (g)

বা, $F=2x\times\rho\times\alpha\times g$

চিত্র 201

এই অসম বলের প্রভাবে নলের তরলের ত্বরণ সৃষ্টি হয়। U-নলের তরলস্তম্ভের দৈর্ঘ্য $2h$ হইলে উহার মধ্যবর্তী তরলের ভর, $m=2h\rho\alpha$

কাজেই, তরলের ত্বরণ, $f=\frac{F}{m}=\frac{2x\rho\alpha g}{2h\rho\alpha}=\frac{g}{h}x$

তরলের ত্বরণ সাম্যাবস্থান হইতে উহাদের উপরিতলের সরণের সমানুপাতিক বলিয়া তরলতলদ্বয় সরল দোলগতি সম্পাদন করিবে।

এখন, $\frac{\text{ত্বরণ}, f}{\text{সরণ}, x}=\frac{g}{h}$

আমরা জানি, সরল দোলগতি নিষ্পন্নকারী বস্তুর দোলনকাল, T

$$=2\pi\sqrt{\frac{\text{সরণ}}{\text{ত্বরণ}}}=2\pi\sqrt{\frac{h}{g}}$$

361. মনে করি, দণ্ডটির প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল$=\alpha$

আর্কিমিডিসের সূত্রানুসারে, দণ্ডটির ওজন, W=ভাসমান অবস্থায় দণ্ড-কর্তৃক অপসারিত জলের ওজন$=h\alpha g$, $g=$অভিকর্ষজ ত্বরণ (জলের ঘনত্ব 1 gm/c.c. ধরিয়া)

$$\text{কাজেই, দণ্ডটির ভর, } m=\frac{h\alpha g}{g}=h\alpha$$

দণ্ডটির অতিরিক্ত x উচ্চতা জলে ডুবাইয়া দিলে (চিত্র 202) উহার উপর ক্রিয়াশীল প্লবতার মান হইবে,

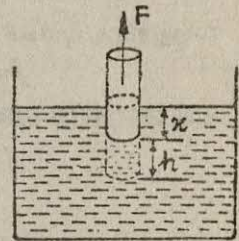
$W'=(h+x)\alpha g$

কাজেই, দণ্ডটির উপর অসম ঊর্ধ্বমুখী বল,

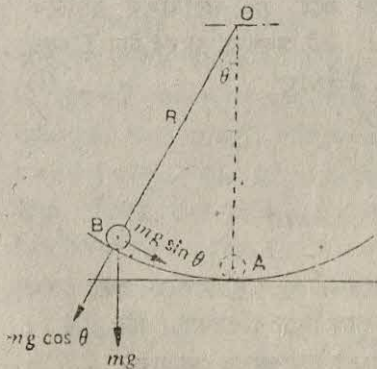
$F=W'-W=(h+x)\alpha g-h\alpha g=x\alpha g$

$\therefore$ দণ্ডটির ত্বরণ, $f=\dfrac{F}{\text{দণ্ডের ভর}}=\dfrac{x\alpha g}{h\alpha}=\dfrac{g}{h}.x$

চিত্র 202

দেখা যাইতেছে যে, দণ্ডটির ত্বরণ সাম্যাবস্থান হইতে উহার সরণের সমানুপাতিক। সুতরাং, দণ্ডটি সরল দোলগতি সম্পাদন করিবে।

$$\text{এখন,}\quad \frac{\text{ত্বরণ, } f}{\text{সরণ, } x}=\frac{g}{h}$$

আমরা জানি যে, দোলনকাল, $T=2\pi\sqrt{\dfrac{\text{সরণ}}{\text{ত্বরণ}}}$ বা, $T=2\pi\sqrt{\dfrac{h}{g}}$

362. গোলকটিকে উহার সাম্যাবস্থান হইতে কিছুটা সরাইয়া ছাড়িয়া দেওয়া হইল। ধরি, কোন নির্দিষ্ট মুহূর্তে গোলকটি B অবস্থানে আছে (চিত্র 203)। অবতল পৃষ্ঠের বক্রতা-কেন্দ্রের সহিত B অবস্থানে গোলকের কেন্দ্রের সংযোজী সরলরেখা উল্লম্ব-রেখার সহিত θ কোণ করে। এক্ষেত্রে গোলকের উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ-বল অবতল পৃষ্ঠে অঙ্কিত লম্বের সহিত θ কোণে ক্রিয়া করিবে।

চিত্র 203

গোলকের ভর m এবং অভিকর্ষজ ত্বরণ g হইলে উহার উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ-বল$=mg$। B বিন্দুতে অবস্থান-কালে গোলকের ওজন mg-এর (i) $mg\cos\theta$ উপাংশ অবতল-পৃষ্ঠের সহিত লম্বভাবে ক্রিয়া করে এবং (ii) $mg\sin\theta$ উপাংশ ক্রিয়া করে অবতল পৃষ্ঠের স্পর্শক (tangent) বরাবর। অবতল-পৃষ্ঠের লম্ব-প্রতিক্রিয়া অভিকর্ষ-বলের $mg\cos\theta$ উপাংশকে প্রতিমিত করিয়া দেয়।

অবতল-পৃষ্ঠটিকে ঘর্ষণহীন ধরিলে অভিকর্ষ-বলের $mg\cos\theta$ উপাংশ গোলকের গতিকে প্রভাবিত করিবে না। $mg\sin\theta$ উপাংশটি অন্য কোন বল দ্বারা প্রতিমিত হয় না! এই অপ্রতিমিত (unbalanced) বলের ক্রিয়ায় গোলকটিতে ত্বরণ সৃষ্টি হয়।

এই ত্বরণের মান, $f=\dfrac{\text{বল}}{\text{ভর}}$

$$=\frac{mg\sin\theta}{m}=g\ \sin\theta$$

θ ক্ষুদ্র হইলে $\sin\theta=\theta$ লেখা যায়। সেক্ষেত্রে

$$f=g\theta \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

সাম্যাবস্থান হইতে গোলকের সরণ x হইলে লেখা যায়,

$$\theta=\frac{x}{\text{R}} \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

এখন, (i) এবং (ii) হইতে পাই, $f=\dfrac{x}{\text{R}}\cdot g$

লক্ষণীয় যে, ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক। ইহার অভিমুখ সাম্যাবস্থান A-এর দিকে। কাজেই, গোলকটি সরল দোল গতি সম্পাদন করিতে থাকে। এই দোল গতির দোলনকাল,

$$\text{T}=2\pi\sqrt{\frac{\text{ত্বরণ}, f}{\text{সরণ}, x}}=2\pi\sqrt{\frac{g}{\text{R}}}$$

363. একটি উল্লম্ব তারের নিম্নপ্রান্তে m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তুকণা ঝুলিতেছে। বস্তুটিকে উহার সাম্যবস্থান হইতে উল্লম্ব অভিমুখে সামান্য টানিয়া ছাড়িয়া দিলে বস্তুটি সরল দোলগতিতে আন্দোলিত হইতে থাকিবে।

স্বাভাবিক অবস্থায় তারটির দৈর্ঘ্য l। মনে করি, m ভরবিশিষ্ট বস্তুটিকে ঝুলাইয়া দিবার ফলে ইহার দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি হইল l_0। এই অবস্থায় তারের টান T বস্তুর ভার mg-কে প্রতিমিত করে বলিয়া লেখা যায়, $\text{T}=mg$ $\cdots$ (i)

তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক $\text{Y}=\dfrac{mg/\text{A}}{l_0/l}$

$$\text{বা,}\quad \text{Y}\frac{l_0}{l_0}.\text{A}=mg \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

এইবার মনে করি, m ভরবিশিষ্ট বস্তুটি উল্লম্ব অভিমুখে দুলিতেছে এবং কোন নির্দিষ্ট মুহূর্তে বস্তুটি উহার সাম্যাবস্থা হইতে x-দূরত্ব নিচে রহিয়াছে (চিত্র 204)। এই সময় তারের টান=ইয়ং গুণাঙ্ক×পীড়ন×তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল

$$=\text{Y}\,\frac{(l_0+x)}{l}.\text{A}$$

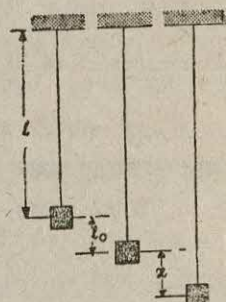
বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ-বল mg নিম্নাভিমুখী বলিয়া বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল ঊর্ধ্বমুখী অসম বল,

$$F = Y\frac{l_0+x}{l}A - Mg = Y\frac{l_0+x}{l}.A - Y\frac{l_0}{l}.A$$

[সমীকরণ (ii) হইতে]

$$= \frac{YA}{l}.x$$

কাজেই, সাম্যাবস্থানের দিকে m ভরবিশিষ্ট বস্তুটির ত্বরণ,

$$f = \frac{F}{m} = \frac{YA}{ml}.x$$

চিত্র 204

∴ একক সরণে বস্তুর ত্বরণ= $\frac{f}{x} = \frac{YA}{ml}$

আমরা জানি যে, সরল দোলগতি নিষ্পন্নকারী বস্তুর দোলনের পর্যায়কাল

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{\text{একক সরণে ত্বরণ}}} = 2\pi\sqrt{\frac{ml}{YA}}$$

সুতরাং, বস্তুটির কম্পাঙ্ক, $n = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{YA}{ml}}$

364. h উচ্চতা হইতে বস্তুটি যখন তুলাপাত্রের উপর পড়ে তখন উহার গতিশক্তি, $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ ... (i)

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায় যে,

সংঘাতের পূর্বে বস্তুর ভরবেগ=সংঘাতের পর বস্তু ও তুলাপাত্রের ভরবেগ

তুলাপাত্রের ভর উপেক্ষণীয় ধরিয়া লইলে বস্তু ও তুলাপাত্রের সংঘাতোত্তর গতিবেগ বস্তুটির সংঘাত-পূর্ব গতিবেগের সমান হইবে। কাজেই, সংঘাতের পর বস্তু ও তুলাপাত্র গতিশক্তির মান হইবে $\frac{1}{2}mv^2$ বা, mgh। সংঘাতের ফলে বস্তু ও তুলাপাত্রের নিচে নামিয়া আসিবে এবং ইহাতে স্প্রিংটি প্রসারিত হইবে। এই প্রসারণের জন্য যে-শক্তি ব্যয়িত হইবে তাহা বস্তু ও তুলাপাত্রের প্রাথমিক গতিশক্তি এবং অভিকর্ষ ক্ষেত্র-কর্তৃক কৃত কার্যের যোগফলের সমান। যদি তুলাপাত্রের নিম্নাভিমুখী সরণ ধনাত্মক হয় তাহা হইলে অভিকর্ষ-বল-কর্তৃক কৃত কার্য mgx-এর সমান হইবে ; এখানে x হইল প্রাথমিক অবস্থান হইতে তুলাপাত্রের সরণ।

কাজেই, স্প্রিংটির সর্বোচ্চ প্রসারণ x_0 হইলে শক্তির নিত্যতা সূত্র হইতে লেখা যায়,

$$\frac{Kx_0^2}{2} = mgh + mgx_0 \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

$$\text{বা,}\quad x_o^2-\frac{2mg}{K}x_o-\frac{2mgh}{K}=0$$

$$\text{বা,}\quad x_o=\frac{mg}{K}\pm\sqrt{\frac{m^2g^2}{K^2}+\frac{2mgh}{K}}$$

x_o-এর ধনাত্মক মানটি তুলাযন্ত্রের সর্বনিম্ন অবস্থান এবং x_o-এর ঋণাত্মক মানটি তুলাযন্ত্রের সর্বোচ্চ অবস্থান নির্দেশ করিতেছে। এই মান দুইটি হইল,

$$x_{o1}=\frac{mg}{K}+\sqrt{\frac{m^2g^2}{K^2}+\frac{2mgh}{K}}$$

$$\text{এবং}\quad x_{o2}=\frac{mg}{K}-\sqrt{\frac{m^2g^2}{K^2}+\frac{2mgh}{K}}$$

সুতরাং, তুলাপাত্রের সাম্যাবস্থানের আনুষঙ্গিক সরণ

$$x_{oo}=\frac{x_{o1}+x_{o2}}{2}=\frac{mg}{K}$$

কাজেই, সাম্যাবস্থান হইতে উপরের দিকে এবং নিচের দিকে তুলাপাত্রের সর্বোচ্চ সরণ,

$$\xi=\sqrt{\frac{m^2g^2}{K}+\frac{2mgh}{K}}$$

365. উড়িবার সময় মৌমাছি ইহার ডানাদ্বয়কে অতি দ্রুত উপর-নিচে আন্দোলিত করে। ডানার এই দ্রুত আন্দোলন সন্নিকটস্থ বায়ুতে পর্যায়ক্রমে ঘনীভবন ও তনূভবন সৃষ্টি করে। এই ঘনীভবন ও তনূভবনের দাপ বায়ুর মধ্য দিয়া সকল দিকে সঞ্চালিত হয়। ইহাতে বায়ুর শ্রাব্য কম্পাঙ্কের তরঙ্গ উৎপন্ন হয়। এই তরঙ্গই আমাদের কানে গুন্ গুন্ শব্দের সৃষ্টি করে।

366. যান্ত্রিক তরঙ্গের সঞ্চালনের জন্য একটি স্থিতিস্থাপক জড় মাধ্যম প্রয়োজন। বাস্তব মাধ্যম ব্যতীত কোন যান্ত্রিক তরঙ্গ এক স্থান হইতে স্থানান্তরে যাইতে পারে না। মাধ্যম-কণাগুলির আন্দোলনের ফলেই এইরূপ তরঙ্গ সঞ্চালিত হইতে পারে। শব্দ এক প্রকার যান্ত্রিক তরঙ্গ। কাজেই শব্দ-তরঙ্গের সঞ্চালনের জন্য একটি বাস্তব মাধ্যম প্রয়োজন। শূন্যস্থানের মধ্য দিয়া শব্দ-তরঙ্গ প্রবাহিত হইতে পারে না।

কিন্তু তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গের সঞ্চালনের জন্য কোনরূপ জড় মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না। এইরূপ তরঙ্গগতি ব্যাখ্যা করিবার জন্য পূর্বে পদার্থবিজ্ঞানীরা 'ইথার' নামক একটি কাল্পনিক মাধ্যমের অস্তিত্ব স্বীকার করিয়া লইয়াছিলেন। কিন্তু ইহা নিশ্চিতভাবে প্রমাণিত হইয়াছে যে, ইথারের ধারণা তাৎপর্যহীন। আলো, বেতার-তরঙ্গ ইত্যাদি তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গ শূন্যস্থানের মধ্য দিয়া সঞ্চালিত হয়।

367. 40 ওয়াট অপেক্ষা কম ক্ষমতার বৈদ্যুতিক বাতি (incandescent lamp) সাধারণত বায়ুশূন্য থাকে এবং 40 ওয়াট ও তদপেক্ষা বেশি ক্ষমতাসম্পন্ন

বৈদ্যুতিক বাতিতে সাধারণত নিম্নচাপের নিষ্ক্রিয়-গ্যাস ভরা থাকে। কাজেই, কোন স্থানে একটি বৈদ্যুতিক বাতি ভাঙিয়া গেলে ঐ স্থানে একটি নিম্নচাপ অঞ্চলের সৃষ্টি হয়। এই সময় চারিপার্শ্বের বায়ু দ্রুত ঐ নিম্নচাপ অঞ্চলের দিকে ছুটিয়া আসে। ইহাতে বায়ুতে একটি আলোড়ন সৃষ্টি হয়। এই আলোড়ন শব্দ-তরঙ্গের আকারে বায়ুর মধ্য দিয়া সঞ্চালিত হইতে থাকে।

368. যে-ধ্বনি একটিমাত্র কম্পাঙ্কবিশিষ্ট উহাকে সুর (tone) বলা হয়। আর যে-ধ্বনিতে একাধিক কম্পাঙ্কের সুর বর্তমান উহাকে স্বর (note) বলা হয়। কোন স্বরে যে-সকল বিভিন্ন সুর থাকে তাহাদের মধ্যে যে-সুরের কম্পাঙ্ক সর্বাপেক্ষা কম তাহাকে মূল-সুর (fundamental tone) বলা হয়, অন্য সুরগুলিকে (যাহাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্ক অপেক্ষা বেশি) বলা হয় উপসুর (overtones)। যদি কোন উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয় তাহা হইলে উহাকে সমমেল (harmonic) বলা হয়। যে-উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের দ্বিগুণ তাহাকে দ্বিতীয় সমমেল, যে-উপসুরের কম্পাঙ্ক-মূল সুরের কম্পাঙ্কের তিনগুণ, তাহাকে তৃতীয় সমমেল বলা হয়। অনুরূপভাবে, যে-উপসুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের p-গুণ, তাহাকে p-তম সমমেল বলা হয়। যে-সকল সুরের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের বেশি, কিন্তু উহার সরল গুণিতক নয়, উহাদিগকে উপসুর বলা যায়, কিন্তু সমমেল বলা যায় না। কাজেই দেখা যাইতেছে যে, সকল সমমেলই উপসুর কিন্তু সকল উপসুর সমমেল নয়।

* বিশেষ দ্রষ্টব্য : সমমেলের নামকরণে দুইটি প্রথা প্রচলিত আছে বলিয়া এ সম্বন্ধে কিছুটা সতর্কতা প্রয়োজন। পূর্বে মূল সুরের দ্বিগুণ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট সুরকে প্রথম সমমেল বলা হইত। কিন্তু আধুনিক কালে বিজ্ঞানীরা কোন সমমেলের নামকরণ করেন উহার কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের যত গুণ সেই সংখ্যা অনুসারে। এই নিয়ম অনুসারে, m-তম সমমেলের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের m-গুণ। এই প্রথানুযায়ী মূল সুরই প্রথম সমমেল (first harmonic)।

369. কোন বস্তুর আকার যদি কোন তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের তুলনায় খুব বড়ো হয় তাহা হইলে ঐ বস্তুটির দ্বারা উক্ত তরঙ্গের অপবর্তন উপেক্ষণীয় হয়। অট্টালিকার আকার আলোক-তরঙ্গের আকারের তুলনায় অতি বৃহৎ বলিয়া অট্টালিকার দরুণ আলোক-তরঙ্গের অপবর্তন উপেক্ষণীয়। কিন্তু বেতার তরঙ্গের দৈর্ঘ্য অতি বৃহৎ হয়। উদাহরণস্বরূপ, 300 কিলোহার্ৎজ (kHz) কম্পাঙ্কের বেতার তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 1 কিলোমিটার। বেতার তরঙ্গের দৈর্ঘ্য বড়ো বলিয়া অট্টালিকার পাশ দিয়া ইহা সহজেই অপবর্তিত হয়।

370. শব্দ অপেক্ষা আলো অনেক বেশি দ্রুতগামী। আলো শূন্যস্থান বা বায়ুর মধ্য দিয়া সেকেণ্ডে প্রায় 3 লক্ষ কিলোমিটার পথ অতিক্রম করে। আর, শব্দ বায়ুর মধ্য দিয়া সেকেণ্ডে প্রায় 1100 ফুট দূরত্ব অতিক্রম করে। বজ্রপাতের সময় শব্দ ও আলো একই সঙ্গে উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন আলো প্রায় তৎক্ষণাৎ দর্শকের চোখে

আসিয়া পৌঁছায়, কিন্তু শব্দ অপেক্ষাকৃত মন্থর বলিয়া উহা অনেক পরে শ্রোতার কানে পৌঁছায়।

371. আমরা জানি যে, শব্দের উৎস যদি শ্রোতার দিকে আগাইতে থাকে তাহা হইলে শব্দের কম্পাঙ্কের আপাত বৃদ্ধি ঘটে। আবার শব্দের উৎস যখন শ্রোতা হইতে দূরে সরিয়া যাইতে থাকে তখন শব্দের কম্পাঙ্কের আপাত-হ্রাস ঘটে। শ্রোতা ও উৎসের আপেক্ষিক গতির দরুন শব্দের কম্পাঙ্কের এই পরিবর্তনকে ডপ্‌লার প্রক্রিয়া (Doppler effect) বলা হয়। শব্দের কম্পাঙ্কের পরিবর্তন শ্রোতার সাপেক্ষে উৎসের আপেক্ষিক গতিবেগের উপর নির্ভর করে।

কাজেই, কোন মোটরগাড়ি হর্ণ দিতে দিতে কোন শ্রোতার দিকে আগাইয়া আসিতে থাকিলে শ্রোতার নিকট হর্ণের শব্দের তীক্ষ্ণতা বাড়ে। ঐ মোটরগাড়ি শ্রোতাকে অতিক্রম করিয়া দূরে সরিয়া যাইতে থাকিলে শ্রোতার সাপেক্ষে হর্ণের শব্দের তীক্ষ্ণতা হ্রাস পায়। হর্ণের শব্দের তীক্ষ্ণতার এই হ্রাস মোটরগাড়ির দ্রুতির উপর নির্ভর করে। কাজেই, সুরজ্ঞানসম্পন্ন কোন শ্রোতা হর্ণের শব্দের তীক্ষ্ণতার আপাত-হ্রাস হইতে মোটরগাড়ির গতি নির্ধারণ করিতে পারিবে।

372. হলঘরের মধ্যে বক্তৃতা করিলে ঐ ঘরের দেওয়াল এবং সিলিং হইতে শব্দতরঙ্গ প্রতিফলিত হয়। এই প্রতিফলিত শব্দতরঙ্গ মূল শব্দের তীব্রতা বৃদ্ধি করে। কিন্তু খোলা জায়গায় শব্দের এইরূপ কোন প্রতিফলন থাকে না। কাজেই, এক্ষেত্রে শব্দের তীব্রতা কম হয়। উপরি-উক্ত কারণে বহু শ্রোতার সম্মুখে বক্তৃতা করিবার সময় খোলা জায়গা অপেক্ষা হলঘর বেশি উপযোগী।

373. বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দের গতিবেগ বিভিন্ন। বায়ু আপেক্ষা ইস্পাতের মধ্য দিয়া শব্দের গতিবেগ বেশি। ইস্পাতের নলে বায়ু আবদ্ধ থাকে ; কাজেই, কোন দীর্ঘ নলের এক প্রান্তে হাতুড়ির সাহায্যে আঘাত করিলে উৎপন্ন শব্দ বায়ু ও ইস্পাতের মধ্য দিয়া বিভিন্ন গতিবেগের সম্মুখের দিকে অগ্রসর হয়। উক্ত দুই মাধ্যমে শব্দের গতিবেগ বিভিন্ন বলিয়া উহাদের মধ্য দিয়া নলের অপর প্রান্তে আসিতে শব্দ বিভিন্ন সময় লইবে। ইস্পাতের মধ্য দিয়া শব্দ অপেক্ষাকৃত কম সময়ে নলের অপর প্রান্তে পৌঁছিবে। বায়ুর মধ্য দিয়া যাইতে শব্দ অপেক্ষাকৃত বেশি সময় লইবে। কাজেই, ইস্পাত-নির্মিত নলের এক প্রান্তে আঘাত করা হইলে অপর প্রান্তে কান স্থাপন করিয়া কোন শ্রোতা সুস্পষ্টভাবে দুইটি শব্দ শুনিতে পাইবে।

374. যখন কোন পাত্রকে আঘাত করা হয় তখন উহা কম্পিত হইতে থাকে। সকল কম্পমান বস্তুই উহার সংস্পর্শে অবস্থিত অন্যান্য বস্তুতে পরবশ কম্পনের সৃষ্টি করে। তরলশূন্য পাত্রকে আঘাত করিলে ঐ পাত্রের মধ্যবর্তী বায়ু অধিক বিস্তার লইয়া কম্পিত হইতে থাকে। ইহাতে উৎপন্ন শব্দের প্রাবল্য বা তীব্রতা বেশি হয়। কিন্তু তরলপূর্ণ পাত্রকে আঘাত করিলে উহার মধ্যবর্তী তরলের অণুগুলি বায়ুর অণুর ন্যায় অবাধে কম্পিত হইতে পারে না, কাজেই ইহাদের কম্পন-বিস্তার খুব কম হয়। ইহার ফলে উৎপন্ন শব্দের তীব্রতাও কম হয়।

375. সময়ের পাঠ উভয় ক্ষেত্রেই প্রকৃত সময় অপেক্ষা কম হইবে। শব্দ 200 m

দূরত্ব অতিক্রম করিতে যে-সময় নেয় তাহা নির্ধারিত সময়ের অবকাশ এবং প্রকৃত সময়ের অবকাশের অন্তর-ফলের সমান। আমরা জানি যে, বায়ুতে শব্দের গতিবেগ বায়ুর পরম উষ্ণতার বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। কাজেই, শীতকাল অপেক্ষা গ্রীষ্মকালে শব্দের গতিবেগ বেশি। সুতরাং, শব্দ 200 m পথ অতিক্রম করিতে গ্রীষ্মকালে অপেক্ষাকৃত কম সময় লইবে। অর্থাৎ, ক্রীড়া-প্রতিযোগিতায় নির্ধারিত সময়ের ত্রুটি গ্রীষ্মকালে অপেক্ষাকৃত কম হইবে।

376. অর্গান পাইপের দৈর্ঘ্য স্থির থাকিলে উহার মূল সুরের কম্পাঙ্ক শব্দের গতিবেগের সমানুপাতিক। কাজেই, শব্দের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইলে অর্গান নলের মূল সুরের কম্পাঙ্ক বৃদ্ধি পাইবে। বায়ুস্তম্ভের উষ্ণতা বাড়িলে উহার মধ্য দিয়া শব্দের গতিবেগ বৃদ্ধি পায় বলিয়া অর্গান পাইপের মূলসুরের কম্পাঙ্কও বৃদ্ধি পায়।

টান করিয়া-বাধা তারের উষ্ণতা বাড়িলে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির ফলে উহার টান হ্রাস পায়। ইহার ফলে তারের মূল সুরের কম্পাঙ্কও কমিয়া যায়।

377. দুই মুখ খোলা অর্গান নল কর্তৃক নিঃসৃত মূল সুরের কম্পাঙ্ক,

$$n = \frac{V}{2l} \quad \cdots \quad (i)$$

এখানে V হইল নলের মধ্যবর্তী গ্যাসে শব্দের বেগ এবং l হইল অর্গান নলের দৈর্ঘ্য। কাজেই দেখা যাইতেছে যে, কোন অর্গান নল হইতে নিঃসৃত সুরের কম্পাঙ্ক নলের মধ্যবর্তী গ্যাসীয় মাধ্যমে শব্দের বেগের সমানুপাতিক। অর্থাৎ, শব্দের বেগ হ্রাস পাইলে অর্গান নল হইতে নিঃসৃত সুরের কম্পাঙ্ক এবং তীক্ষ্ণতা হ্রাস পায়। বায়ু অপেক্ষা কার্বন-ডাই অক্সাইডের ঘনত্ব বেশি বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে শব্দের বেগ বায়ুতে শব্দের বেগের তুলনায় কম। সুতরাং, অর্গান নলের বায়ুকে কার্বন-ডাই অক্সাইড গ্যাস দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে শব্দের বেগ হ্রাস পায়, ফলে অর্গান নল হইতে নিঃসৃত সুরের কম্পাঙ্কও হ্রাস পায়। অর্থাৎ, অর্গান নলের বায়ু কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে অর্গান নল হইতে নিঃসৃত সুরের তীক্ষ্ণতা হ্রাস পায়।

378. এক-মুখ-খোলা নলে মুলসুরের সহিত কেবলমাত্র অযুগ্ম উপসুরগুলিই উপস্থিত থাকে, কিন্তু দুইমুখ-খোলা নলে মূলসুরের সহিত যুগ্ম এবং অযুগ্ম সকল সমমেলই উপস্থিত থাকে। এই জন্য এক-মুখ-খোলা অর্গান নল হইতে নিঃসৃত শব্দ অপেক্ষা দুইমুখ খোলা অর্গান নল হইতে নিঃসৃত শব্দ অধিকতর শ্রুতিমধুর।

379. আলো এক প্রকার তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গ। বৈদ্যুতিক স্পন্দন ও চৌম্বক স্পন্দনের যুগপৎ বিস্তারই আলোক-তরঙ্গের সঞ্চালন। আর, শব্দ হইল একটি স্থিতিস্থাপক যান্ত্রিক তরঙ্গ। স্থিতিস্থাপক জড়-মাধ্যমের বিভিন্ন কণা বা স্তরের কম্পনের ফলেই শব্দ-তরঙ্গ সঞ্চালিত হয়। আলো শূন্যস্থানের মধ্য দিয়া যাইতে পারে, কিন্তু শব্দ শূন্যস্থানের মধ্য দিয়া যাইতে পারে না। শব্দ-তরঙ্গ ও আলোক-তরঙ্গের আর একটি মৌলিক পার্থক্য হইল এই যে, শব্দ-তরঙ্গ যে-অভিমুখে অগ্রসর হয় মাধ্যম-কণাগুলির স্পন্দন সেই অভিমুখের সমান্তরাল ; কিন্তু যখন আলোক-তরঙ্গ প্রবাহিত হয় তখন সংশ্লিষ্ট তড়িৎ-স্পন্দন ও চৌম্বক স্পন্দনের অভিমুখ থাকে

তরঙ্গের অভিমুখের সমকোণে। অর্থাৎ, শব্দ-তরঙ্গ হইল অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ, আর আলোক-তরঙ্গ হইল তির্যক তরঙ্গ। আলোক-তরঙ্গের ন্যায় শব্দ-তরঙ্গের প্রতিফলন, প্রতিসরণ, ব্যতিচার ও অপবর্তন ঘটে, কিন্তু আলোক-তরঙ্গের ন্যায় শব্দ-তরঙ্গকে সমবর্তিত করা যায় না।

380. আলো যদি কোন শূন্যস্থানের মধ্য দিয়া চলে তাহা হইলে ঐ স্থান আলোকিত দেখায় না। ইহার কারণ এই যে, আলো নিজে দৃশ্যমান নয়। কিন্তু আলো যখন কোন পদার্থের উপর আপতিত হয় তখন ঐ পদার্থকে দৃশ্যমান করে। সূর্যের আলো বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত গ্যাসীয় পদার্থের অণু ও ও ধূলিকণা-কর্তৃক বিক্ষিপ্ত (scattered) হয়। পৃথিবী-পৃষ্ঠ হইতে আকাশের দিকে তাকাইলে বায়ুমণ্ডলে বিদ্যমান অণুগুলির দ্বারা বিক্ষিপ্ত আলো আমাদের চোখে আসিয়া প্রবেশ করে। ফলে আমরা দিনের আকাশকে উজ্জ্বল দেখি।

উপরের আলোচনা হইতে বুঝা যাইতেছে যে, বায়ুমণ্ডল না থাকিলে আকাশকে অন্ধকারাচ্ছন্ন দেখাইত। চাঁদে বায়ুমণ্ডল নাই। তাই চন্দ্র-পৃষ্ঠ হইতে আকাশের দিকে তাকাইলে আকাশকে উজ্জ্বল দেখাইবে না। চাঁদের আলোকিত পৃষ্ঠ হইতেও আকাশকে ঘন কৃষ্ণবর্ণ দেখাইবে।

381. আলোর সমবর্তন প্রক্রিয়া (polarisation phenomenon) হইতে প্রমাণিত হয় যে, আলো তির্যক তরঙ্গ। ইহার কারণ এই যে, কেবলমাত্র তির্যক তরঙ্গই সমবর্তিত হইতে পারে। অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সমবর্তন ঘটে না। উদাহরণ-স্বরূপ, শব্দ-তরঙ্গ সমবর্তিত হয় না, কেননা, শব্দ-তরঙ্গ অনুদৈর্ঘ্য প্রকৃতির।

382. শক্তির নিত্যতা সূত্রানুসারে, শক্তি অবিনশ্বর, ইহার বিনাশ নাই। তরঙ্গের ব্যতিচারের সময়ও ইহার ব্যতিক্রম দেখা যায় না। ধ্বংসমূলক ব্যতিচার (destructive interference)-এর সময় আলোর সহিত আলোর উপরিপাতে অন্ধকারাচ্ছন্ন অঞ্চল সৃষ্টি হইলেও ইহাতে শক্তির নিত্যতা সূত্র লঙ্ঘিত হয় না। প্রকৃতপক্ষে, ব্যতিচারের সময় তরঙ্গের শক্তি নূতনভাবে বণ্টিত (distributed) হয় মাত্র। এই সময়, যে-অঞ্চলে ধ্বংসমূলক ব্যতিচার ঘটে সে-অঞ্চলে যেমন শক্তির পরিমাণ হ্রাস পায় যে-অঞ্চলে সৃষ্টিমূলক ব্যতিচার (constructive interference) ঘটে সে-অঞ্চলে তেমনি শক্তির পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। ইহাতে মোট শক্তির কোনরূপ হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটে না।

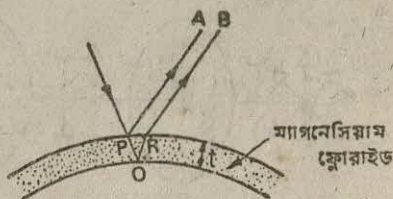
383. দুইটি আলোক-তরঙ্গ পরস্পর উপরিপাতিত হইলে বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, এই উপরিপাতের ফলে কোন কোন অঞ্চলে উজ্জ্বলতার সৃষ্টি হইয়াছে, আর কোন কোন অঞ্চলে অন্ধকার সৃষ্টি হইয়াছে। এই ঘটনাকে আলোর ব্যতিচার বলা হয়। ব্যতিচারের ফলে কোন্ স্থানের তীব্রতা কত হইবে তাহা দুইটি ব্যতিচারী তরঙ্গের দশান্তর (path difference) δ-এর মানের উপর নির্ভর করে। দশান্তর δ-এর মান যদি π-এর যুগ্ম গুণিতক হয় তাহা হইলে তীব্রতার মান সর্বোচ্চ হইবে। আবার যদি δ-এর মান, π-এর অযুগ্ম গুণিতক হয় তাহা হইলে ঐ স্থানের তীব্রতার মান সর্বনিম্ন হইবে। δ-এর মান সময়-নিরপেক্ষ (time-

independent) হইলে ব্যতিচার সজ্জায় উজ্জ্বল ও অন্ধকার অঞ্চলের অবস্থান সুস্থির হইবে। কিন্তু যদি δ-এর মান দ্রুত পরিবর্তিত হইতে থাকে তবে ব্যতিচার সজ্জার প্রতিটি বিন্দুর তীব্রতার মানও দ্রুত পরিবর্তিত হইতে থাকে। এইরূপ ক্ষেত্রে, একটি নির্দিষ্ট মুহূর্তে যেখানে উজ্জ্বলতার সৃষ্টি হইবে, পর মুহূর্তে সেখানে অন্ধকার সৃষ্টি হইবে। দৃষ্টি-নির্বন্ধের জন্য আমরা আলোর তীব্রতার এই দ্রুত পরিবর্তন বুঝিতে পারিব না। প্রকৃতপক্ষে, এই সময় আমরা সকল স্থানে গড় ঔজ্জ্বল্য পাইব। অর্থাৎ বিভিন্ন-বিন্দুতে তরঙ্গদ্বয় যে-দশান্তর লইয়া পরস্পরের উপরিপাতিত হয় তাহা সময়-নিরপেক্ষ না হইলে ব্যতিচার সজ্জায় উজ্জ্বল বা অন্ধকার স্থান দেখা যাইবে না।

পরস্পর নিরপেক্ষ দুইটি আলোক-উৎস হইতে নিঃসৃত আলোক-তরঙ্গের দশান্তর সময়-নিরপেক্ষ হইতে পারে না। এইরূপ দুইটি উৎসকে পরস্পর অসংসক্ত (incoherent) বলা হয়। কাজেই, বুঝা যাইতেছে যে, দুইটি অসংসক্ত আলোক-উৎস হইতে নিঃসৃত আলোক-তরঙ্গ কোন সুস্থির ব্যতিচার-সজ্জা (interference pattern) গঠন করিতে পারে না। এইজন্য, দুইটি টর্চলাইট হইতে নিঃসৃত আলোর মধ্যে কোন ব্যতিচার দেখা যায় না।

384. কোন লেন্সের পৃষ্ঠে আলো পড়িলে উহা সম্পূর্ণভাবে লেন্সের মধ্য দিয়া প্রতিসৃত হয় না, আপতিত আলোর সামান্য অংশ ঐ পৃষ্ঠ হইতে প্রতিফলিতও হয়। যে-সকল আলোক-যন্ত্রে একাধিক লেন্স, প্রিজ্‌ম ইত্যাদি ব্যবহৃত হয় সেই সকল যন্ত্রে বহুসংখ্যক পৃষ্ঠ হইতে এইরূপ প্রতিফলন ঘটে। বিভিন্ন পৃষ্ঠ হইতে পুনঃ পুনঃ প্রতিফলনের ফলে এইরূপ প্রতিফলিত আলোর কিছু অংশ প্রতিবিম্বের উপর গিয়া পড়ে। ইহাতে প্রতিবিম্ব কিছুটা অস্পষ্ট হইয়া যায়। ইহা ছাড়া, এইরূপ প্রতি-ফলনের জন্য লেন্সের মধ্য দিয়া অন্তঃসৃত (transmitted) আলোর পরিমাণ কমিয়া যায় বলিয়া ইহাতে প্রতিবিম্বের ঔজ্জ্বল্য হ্রাস পায়।

লেন্স বা প্রিজ্‌মের পৃষ্ঠ হইতে অবাঞ্ছিত প্রতিফলন এড়াইবার জন্য উহাদের উপর প্রতিফলন-রোধক প্রলেপ (antireflection coating) দেওয়া থাকে। এই উদ্দেশ্যে সাধারণত ফ্লোরাইড লবণের (যেমন, ম্যাগনেসিয়াম ফ্লোরাইড) আস্তরণ ব্যবহৃত হয় (চিত্র 205)। নিম্নে এই প্রতিফলন-রোধক আস্তরণের কার্যনীতি ব্যাখ্যা করা হইল।

মনে করি, λ তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের কোন আলো ম্যাগনেসিয়াম ফ্লোরাইডের আস্তরণের P বিন্দুতে আপতিত হইল (চিত্র 205)। ইহার এক অংশ বায়ু ও ফ্লোরাইডের বিভেদতল হইতে আংশিকভাবে প্রতিফলিত হইয়া PA পথে অগ্রসর হয়। আপতিত আলোর আর এক অংশ PO পথে গিয়া ফ্লোরাইড ও

চিত্র 205

কাচের বিভেদতলে আপতিত হইয়া এক স্থান হইতে প্রতিফলিত হয় এবং RB

পথে ফ্লোরাইড স্তর হইতে বাহির হইয়া আসে। যখন এই দুই প্রতিফলিত আলোক-তরঙ্গের দশার পার্থক্য (phase difference) 180° বা, আলোক-পথের পার্থক্য (optical path-difference) $\lambda/2$-এর সমান, তখন ইহারা পরস্পর উপরিপাতিত হইয়া ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার (destructive interference) ঘটায়। ধরি, আস্তরণটির বেধ$=t$ এবং ইহার উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক n'।

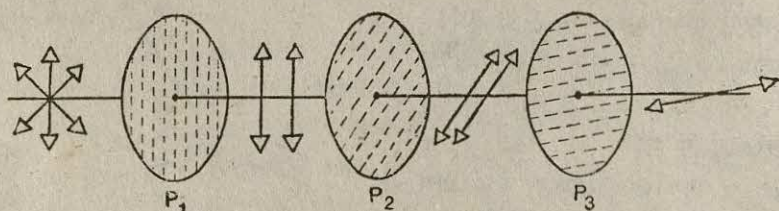
তাহা হইলে প্রতিফলিত তরঙ্গদ্বয়ের ধ্বংসাত্মক ব্যতিচারের শর্তটি নিম্নরূপ—

$$2n't=\lambda/2$$

তাত্ত্বিক হিসাব-নিকাশের ভিত্তিতে দেখান যায় যে, n'-এর মান $\sqrt{n}$ ($n=$ লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক) হইলে প্রতিফলন-রোধক আস্তরণের ক্রিয়া সর্বাপেক্ষা ভাল হয়। এক্ষেত্রে দুইটি প্রতিফলিত আলোর তীব্রতা (intensity) সমান। কাজেই, ইহাদের ধ্বংসাত্মক ব্যতিচারের ফলে লেন্স হইতে প্রতিফলিত আলোর তীব্রতা শূন্য হয়, অর্থাৎ এ-অবস্থায় লেন্স-পৃষ্ঠ হইতে λ-তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট কোন আলোই প্রতিফলিত হয় না।

সূর্যের আলো বহুবর্ণী। কোন প্রতিফলন-রোধক আস্তরণই সূর্যের আলোতে বিদ্যমান সকল বর্ণের আলোর প্রতিফলন রোধ করিতে পারে না। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে সাধারণত হরিদ্রাভ-সবুজ বর্ণের আলোর (অর্থাৎ, সূর্যের আলোর গড় তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট আলোর) প্রতিফলন রোধ করা হয়। এইরূপ আস্তরণ হইতে লাল ও নীল রঙের আলো প্রতিফলিত হয় বলিয়া এইরূপ প্রতিফলন-রোধক আস্তরণযুক্ত ক্যামেরা-লেন্সের পৃষ্ঠকে ঈষদ্ বেগুনী দেখায়। লেন্সের পৃষ্ঠে এইরূপ পাতলা ঝিল্লির প্রলেপ দেওয়াকে 'ব্লুমিং' (blooming) বলা হয়।

385. মনে করি, P_1 এবং P_3 সমবর্তক দুইটিকে পাশাপাশি বসান রহিয়াছে। P_1-সমবর্তকের অন্তঃসরণ-অক্ষ (transmission axis) P_3-সমবর্তনের অন্তঃসরণ-অক্ষের সহিত লম্বভাবে অবস্থিত। কাজেই, P_1-এর মধ্য দিয়া নিক্রান্ত হইয়া যে-আলোকস্পন্দন P_3-সমবর্তকের উপর পড়িতেছে, P_3-অক্ষাভিমুখে ঐ স্পন্দকের কোন উপাংশ (component) নাই। কাজেই, P_3-এর মধ্য দিয়া কোন আলো নিক্রান্ত হইতে পারে না।

কিন্তু P_1 এবং P_3 সমবর্তকের মধ্যে অপর একটি সমবর্তক P_2 প্রবেশ করান হইলে (চিত্র 206) এই সমবর্তক তিনটির দ্বারা গঠিত সংস্থার মধ্য দিয়া কিছুটা

চিত্র 206

আলো অন্তঃসৃত হইতে পারে। কতটা আলো নিক্রান্ত হইবে তাহা নির্ভর করে P_2

সমবর্তকের অন্তঃসরণ অক্ষের অবস্থানের উপর। মনে করি, P_2 সমবর্তকের অক্ষ P_1-এর অক্ষের সহিত β-কোণে আনত। সেক্ষেত্রে, P_1 সমবর্তকের মধ্য দিয়া নিক্রান্ত সরল সমবর্তিত আলোর বিস্তার a হইলে P_2-সমবর্তকের অক্ষ বরাবর এই স্পন্দনের উপাংশের মান $a \cos \beta$। কাজেই, P_2 সমবর্তকের মধ্য দিয়া অন্তঃসৃত সমবর্তিত আলোর বিস্তার $a \cos \beta$-এর সমান হইবে। P_2 সমবর্তকের মধ্য দিয়া নিক্রান্ত আলোক-স্পন্দনের অভিমুখ P_3 সমবর্তকের অক্ষের সহিত $(90°-\beta)$ কোণে আনত বলিয়া P_3-এর মধ্য দিয়া নিক্রান্ত আলোর বিস্তার $a \cos \beta \times \cos (90° - \beta)$ বা, $a \cos \beta \sin \beta$।

কাজেই, দেখা যাইতেছে যে, $\alpha = 0$ বা $90°$ হইলে P_3-এর মধ্য দিয়া নিক্রান্ত আলোর বিস্তার শূন্য হইবে। অর্থাৎ, P_2 সমবর্তকের অক্ষ যদি P_1 সমবর্তকের অক্ষের সহিত সমান্তরাল বা লম্বভাবে অবস্থিত হয় তাহা হইলে P_1-P_2-P_3-সংস্থার মধ্য দিয়া নিক্রান্ত আলোর তীব্রতা (intensity) শূন্য হইবে। অন্যথা,এই সংস্থার মধ্য দিয়া আলো নিঃসৃত হইবে।

প্রশ্নাবলী

প্রতিফলন

386. কোন সমতল দর্পণের উপর আপতিত রশ্মির ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, (i) দর্পণ θ-কোণ ঘুরিলে প্রতিফলিত রশ্মি 2θ-কোণ ঘুরিয়া যায়। (ii) কখন দর্পণের ঘূর্ণনের ফলে প্রতিফলিত রশ্মির কোন ঘূর্ণন হয় না ?

[Prove that for a given incident ray, (i) if a mirror is rotated through an angle θ, the reflected ray rotates through 2θ. (ii) When does the rotation of the mirror cause no rotation of the reflected ray ?]

387. দুইটি সমতল দর্পণ A এবং B পরস্পর θ কোণে আনত। B দর্পণের সহিত সমান্তরালভাবে একটি আলোক-রশ্মি A দর্পণে আপতিত হইল এবং দেখা গেল যে, A দর্পণ হইতে একবার ও B দর্পণ হইতে একবার প্রতিফলিত হইবার পর রশ্মিটি A দর্পণের সমান্তরাল হইয়াছে। θ কোণের মান নির্ণয় কর।

[Two plane mirrors A and B are inclined to one another at an angle θ. A ray of light parallel to B is incident on A and after one reflection from A and one from B, the reflected ray is found to be parallel to A. Find θ.] (H. S. 1967)

388. AB এবং AC পরস্পর 15° কোণে আনত দুইটি সমতল দর্পণ। P হইল AB দর্পণের উপর অবস্থিত একটি বিন্দু। P বিন্দু হইতে একটি রশ্মি কত কোণে AC দর্পণে আপতিত হইলে পর পর তিনটি প্রতিফলনের পর উহা AB দর্পণের সমান্তরাল হইবে ?

[AB and AC are two plane mirrors inclined at an angle of 15°. P is a point on the mirror AB. At what angle must a ray of light from P be incident upon AC, in order that after three reflections it may be parallel to AB ?]

389. দুইটি দর্পণ পরস্পর একটি নির্দিষ্ট কোণে আনত রহিয়াছে। কোন আলোক-রশ্মি দ্বিতীয় দর্পণের সহিত সমান্তরালভাবে প্রথম দর্পণে প্রতিফলিত হইবার পর ঐ আলোক-রশ্মি দ্বিতীয় দর্পণে পড়িল এবং প্রতিফলনের পর একই পথে ফিরিয়া গেল। দর্পণদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ কত ?

[Two plane mirrors are inclined at a certain angle. A beam of light parallel to the second mirror is incident on the first mirror. After its reflection from the first mirror, it falls on the second mirror and after reflection retraces its path. What is the angle between the two mirrors ?]

390. কোন আলোক-রশ্মিগুচ্ছ একটি অনুভূমিক দর্পণে 45° কোণে আপতিত হইল। দ্বিতীয় একটি দর্পণকে কীভাবে রাখিলে প্রতিফলিত রশ্মিটি দ্বিতীয় দর্পণ হইতে প্রতিফলিত হইয়া অনুভূমিকভাবে অগ্রসর হয় তাহা চিত্রের সাহায্যে দেখাও।

[Rays of light strike a horizontal plane mirror at an angle of 45°. Show by diagram how you will arrange a second mirror in order that the reflected ray may finally be reflected from the second mirror horizontally.]

391. যদি কোন আলোক-রশ্মি পরস্পর একটি নির্দিষ্ট কোণে আনত দুইটি সমতল দর্পণে পর পর প্রতিফলিত হয় তাহা হইলে রশ্মিটির মোট বিচ্যুতি আপতন কোণের উপর নির্ভরশীল হইবে কি ? ব্যাখ্যা কর।

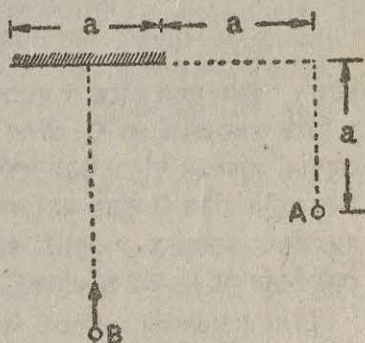
[If a ray of light is reflected successively from two plane mirrors inclined at an angle, will the total deviation of the ray depend on the angle of incidence ? Explain.] (Jt. Entrance, 1974)

392. দুইটি সমতল দর্পণকে কীরূপে স্থাপন করিবে যাহাতে আপতন কোণ যাহাই হোক না কেন, আপতিত রশ্মি এবং দুইটি দর্পণ হইতে প্রতিফলিত রশ্মি পরস্পরের সমান্তরাল হইবে ?

[How do you arrange two plane mirrors so that whatever be the angle of incidence, the incident ray and the resulting ray reflected from the two mirrors should be parallel to one another ?]

393. কোন ব্যক্তি সমতল দর্পণে তাহার নিজের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে চাহিলে দর্পণের সর্বনিম্ন উচ্চতা কত হওয়া প্রয়োজন ?

[What should be the minimum height of a plane mirror in which a man can see his entire image ?]

394. এক ব্যক্তি A একটি সমতল দর্পণের একপাশে দাঁড়াইয়া আছে (চিত্র 207)। অপর এক ব্যক্তি B ঐ দর্পণের কেন্দ্রের মধ্য দিয়া উহার সহিত লম্বভাবে অঙ্কিত লাইন বরাবর দর্পণের দিকে আগাইতে থাকে। যে-মুহূর্তে A এবং B ব্যক্তিদ্বয় দর্পণের মধ্যে পরস্পরকে দেখিতে পাইবে তখন দর্পণ হইতে B-এর দূরত্ব কত হইবে ?

চিত্র 207

[A man A stands to one side of a plane mirror (Fig. 207) ; a second man B approaches the mirror along the line perpendicular to it which passes through its

centre. At what distance from the mirror will B be at the moment when A and B see each other in the mirror ?]

395. একটি ঘরের দেওয়ালে ন্যূনতম কী আকারের সমতল দর্পণ স্থাপন করিলে ঘরের মধ্যস্থলে দণ্ডায়মান কোন ব্যক্তি ঐ দর্পণের দিকে তাকাইয়া তাহার পিছনের দেওয়াল সম্পূর্ণ দেখিতে পাইবে ?

[What is the minimum size of a plane mirror that is required to be fixed on the wall of a room in which an observer at the centre of the room can see the full image of the wall behind him ?]

396. কোন দর্পণকে না স্পর্শ করিয়া উহা অবতল, উত্তল, নাকি সমতল তাহা কীরূপে নির্ধারণ করিবে ?

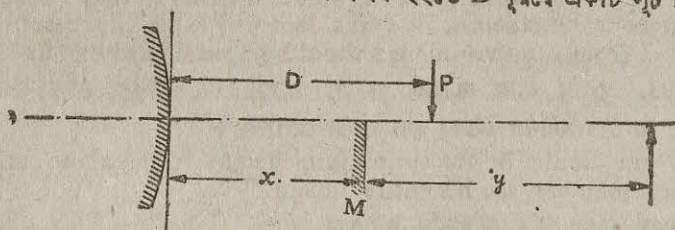
[How will you ascertain whether a given mirror is concave, convex or plane without touching them ?]

397. সিনেমার পর্দাকে সাদা এবং অমসৃণ করা হয় কেন ?

[Why is the cinema screen made of rough and white material ?]

398. উজ্জ্বলভাবে আলোকিত ঘর হইতে কাচের জানালার মধ্য দিয়া দেখা যায় না, কিন্তু ঘরের বাতিগুলি নিবাইয়া দিলে ইহা সহজেই সম্ভব হয়। কেন ?

[At night it is difficult to see through a closed glass window from a well-lighted room ; but it is relatively easy when the room lights are switched off. Why ?] (I. I. T. Adm. Test, 1974)

399. কোন উত্তল দর্পণের ফোকাস-দৈর্ঘ্য মোটামুটিভাবে নির্ণয়ের জন্য নিম্নের পদ্ধতিটি ব্যবহার করা যায়। পরীক্ষাধীন দর্পণ হইতে D দূরত্বে একটি সূচ P রাখা

চিত্র 208

হইল। উত্তল দর্পণ হইতে x দূরত্বে একটি সমতল দর্পণ M এবং সমতল দর্পণটির y দূরত্বে অপর একটি সূচ Q স্থাপন করা হইল (চিত্র 208)। সমতল দর্পণটির অবস্থান পরিবর্তন করিয়া উত্তল দর্পণ-কর্তৃক গঠিত P সূচের অসদ্‌বিম্ব এবং সমতল দর্পণ-কর্তৃক গঠিত Q সূচের অসদ্‌বিম্বকে সমাপতিত করা হইল। প্রতিবিম্বদ্বয়ের সমাপতিত অবস্থায় x, y এবং D-এর মান জানা থাকিলে উত্তল দর্পণের ফোকাস-দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। এই প্রতিবিম্বদ্বয়কে একই সঙ্গে দেখা যাইবে কি ?

[The following method is utilised to determine roughly the focal length of a convex mirror. A needle P is placed at a distance D from the test mirror. A plane mirror M is placed at a distance x from the convex mirror and a second needle Q at a distance y

from the latter. By moving the mirror M the virtual images of P and Q formed by the convex and plane mirrors respectively are made to concide. If the quantities x, y and D corresponding to the coinciding images are known, find the focal length of the convex mirror.

Can these images be seen simultaneously by the eye ?]

400. একটি বস্তু হইতে আলোক-রশ্মি আসিয়া একটি অবতল দর্পণে আপতিত হইয়া বস্তুটির সদ্বিম্ব গঠন করিল। যদি বস্তু ও দর্পণকে জলে ডুবাইয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে প্রতিবিম্বের অবস্থানের কোনরূপ পরিবর্তন হইবে কি ?

[Light from an object falls on a concave mirror forming a real image of the object. If both the object and the mirror are immersed in water, will there be any change in the position of the image ?]

401. কোন বৈদ্যুতিক বাতির আলো যদি একটি লাল কাচের ফলক হইতে প্রতিফলিত হয় তাহা হইলে দুইটি প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে—একটি সাদা এবং একটি লাল। ব্যাখ্যা কর।

[If the light from an electric filament lamp be reflected from a glass slab made of red glass, two images are formed, one white and one red. Explain.]

* * *

প্রতিসরণ, লেন্স, ও আলোকযন্ত্র

402. একটি আলোক-রশ্মি একটি পর্দার উপর কোন নির্দিষ্ট বিন্দুর দিকে অভিসৃত হইতেছে। এই অভিসারী রশ্মিগুচ্ছে একটি সমান্তরাল কাচের পাত স্থাপন করা হইল। ইহাতে অভিসরণ-বিন্দুটি কীভাবে সরিয়া যাইবে ? চিত্রের সাহায্যে আলোক-রশ্মির পথ-নির্দেশ কর।

[A beam of light is converging towards a point on a screen. A plane parallel plate of glass is introduced in the path of this convergent beam. How will this point of convergence be shifted ? Draw the ray diagram.] (I. I. T. Adm. Test, 1974)

403. কোন মাধ্যমের পরম প্রতিসরাঙ্কের মান 1 অপেক্ষা কম হওয়া কি সম্ভব ?

[Is it possible for the absolute refractive index of a medium to be less than 1 ?]

404. কোন জলাশয়ের পাড়ে দণ্ডায়মান দর্শক উহার তলদেশটিকে কেবলমাত্র উত্থিতই দেখে না, উহাকে দূরের দিকে বাঁকাভাবে উপরে উঠিয়া যাইতেও দেখে। উক্তিটি ব্যাখ্যা কর।

[The bottom of a tank not only appears to be lifted up but actually appears to be curved up away from the observer standing on the bank. Explain the statement.]

405. তুমি যদি পরিষ্কার জলে অবস্থিত একটি মাছকে গুলিবিদ্ধ করিতে চাও তাহা হইলে তুমি মাছটির উপরে, নাকি নিচে লক্ষ্য করিয়া গুলি ছুঁড়িবে? ব্যাখ্যা কর।

If you desire to shoot a fish which could be seen in clear water, would you aim above or below the fish ? Explain.]

406. একটি মাছ হ্রদের জলের উপরিপৃষ্ঠের দিকে উল্লম্বভাবে u m/sec সুষম বেগে উঠিতেছে। মাছটি একটি মাছরাঙাকে উহার দিকে v m/sec বেগে উল্লম্বভাবে ঝাঁপ দিতে দেখে। জলের প্রতিসরাঙ্ক μ হইলে মাছরাঙা পাখিটির প্রকৃত বেগ নির্ণয় কর।

[A fish rising vertically towards the surface of water in a lake uniformly at the rate of u m/sec and observes a king-fisher (a bird) above the water, diving towards it at the rate of v m/sec. If the refractive index of water is μ, find the actual velocity of dive of the king-fisher.]

407. উল্লম্বভাবে উপরের দিকে মুখ করিয়া রাখা একটি সূচীছিদ্র ক্যামেরাকে একটি তরল দ্বারা পূর্ণ করা হইল। ইহাকে কোন উন্মুক্ত স্থানে লইয়া গিয়া দেখা গেল যে, ক্যামেরার পর্দা আকারে যথেষ্ট বড় হইলে আকাশের প্রতিকৃতি একটি নির্দিষ্ট ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার চাকতির অনুরূপ হইবে। ইহা ব্যাখ্যা কর এবং ইহা হইতে তরলের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর। দেওয়া আছে যে, সূচীছিদ্র হইতে পর্দার উল্লম্ব দূরত্ব h এবং প্রতিকৃতির ব্যাসার্ধ r।

[A pinhole camera pointing vertically upwards is filled with a liquid. If the camera is taken to an open space the image of the sky is seen to be a circular disc of definite radius when the screen is large enough. Explain this and find the refractive index of the liquid. Assume that the perpendicular distance of the screen from the pinhole is h and the radius of the image is r.]

408. প্রমাণ কর যে, t বেধবিশিষ্ট এবং সমান্তরাল তলবিশিষ্ট একটি কাচের ফলকের উপর i কোণে কোন আলোক-রশ্মি আপতিত হইলে উহার পার্শ্বীয় সরণ d নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়,

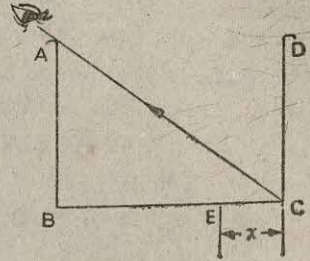
$$d = t \sin i \left(1 - \frac{\cos i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}\right)$$

এখানে n হইল কাচের প্রতিসরাঙ্ক।

[Prove that the lateral displacement d of a ray of light incident at an angle i on a parallel-sided glass slab of thickness t is given by

$$d = t \sin i \left(1 - \frac{\cos i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}\right)$$

where n is the refractive index of glass.]

409. অস্বচ্ছ দেওয়ালবিশিষ্ট একটি ঘনকাকার পাত্রকে এমনভাবে রাখা হইল যাহাতে জনৈক দর্শকের চোখ ঐ পাত্রের তলদেশ দেখিতে পায় না। কিন্তু CD দেওয়ালের সবটুকু দেখিতে পায় (চিত্র 209)। পাত্রটিতে কতটা আয়তনের জল ঢালিলে ঐ দর্শক C কোণা হইতে x দূরত্বে অবস্থিত কোন বস্তুকে দেখিতে পাইবে? পাত্রটির প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য l।

চিত্র 209

[A cubical vessel with opaque walls is so located that the eye of an observer does not see its bottom, but sees all of the wall CD (Fig. 209). What volume of water should be poured into the vessel for the observer to see a small object placed at a distance x from the corner C? The length of each side of the vessel is l.]

410. একটি আলোক-রশ্মি কোন প্রিজ্‌মের একটি পৃষ্ঠ ঘেঁষিয়া আপতিত হইল এবং প্রিজ্‌মের মধ্য দিয়া গিয়া অপর একটি পৃষ্ঠের সহিত β কোণে নিক্রান্ত হইল। দেখাও যে, প্রিজ্‌মের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক

$$\mu=\frac{(1+2\cos\beta\cos\alpha+\cos^2\beta)^{\frac{1}{2}}}{\sin\alpha}$$

এখানে α হইল প্রিজ্‌মের প্রতিসারক কোণ।

[A ray of light is incident on a prism at grazing incidence and after its passage through the prism it emerges at an angle β to the surface. Show that the refracting index of the material of the prism is $$\mu=\frac{(1+2\cos\beta\cos\alpha+\cos^2\beta)^{\frac{1}{2}}}{\sin\alpha}$$
where α is the refracting angle of the prism.]

411. যদি আদৌ সম্ভব হয় তাহা হইলে কোন্ শর্ত পালিত হইলে উত্তল লেন্স দ্বারা গঠিত প্রতিবিম্ব (i) বস্তু হইতে ক্ষুদ্র এবং অবশীর্ষ, (ii) বস্তু হইতে ক্ষুদ্র এবং সমশীর্ষ হইবে?

[Under what condition, if ever, is the image of an object formed by a convex lens (a) smaller and inverted, (b) smaller and erect?]

412. যে-কাল্পনিক প্রাণী উপযোজনের কোনরূপ পরিবর্তন না করিয়া জলে এবং বায়ুতে অবস্থিত দূরবর্তী বস্তুকে একই রকম স্পষ্ট দেখিতে পায় সেই প্রাণীর কর্নিয়ার সম্মুখ-পৃষ্ঠের আকৃতি কীরূপ হইবে?

[Of what shape should the front surface of the cornea of an imaginary animal that can see distant objects equally well in air and under water without any supplementary accommodation?]

413. কোন বস্তু এবং উত্তল লেন্স-কর্তৃক গঠিত বস্তুটির সদ্‌বিম্বের মধ্যবর্তী ন্যূনতম দূরত্ব নির্ণয় কর।

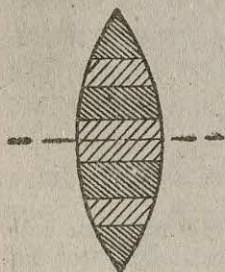
[Find the shortest distance between the object and its real image formed by a convex lens.]

414. সমতল দর্পণের সাহায্যে সদ্‌বিম্ব গঠন করা কি সম্ভব? যদি সম্ভব হয় তবে তাহা কি অবস্থায় হইবে?

[Can a real image be formed with the help of a plane mirror? If so, under what condition?]

415. জেব্রার ছবি তুলিতে ইচ্ছুক এক ব্যক্তি তাহার ক্যামেরার অব্‌জেকটিভের সম্মুখে কালো ডোরা-কাটা কাচের প্লেট স্থাপন করিয়া একটি সাদা গাধার ছবি তুলিল। ছবিতে কী পাওয়া যাইবে?

[A man wishing to get a picture of zebra photographed a white donkey after fitting a glass with black streaks on the objective of his camera. What will be on the photograph?

416. 210 নং চিত্রে দুইটি ভিন্ন পদার্থের স্তর দ্বারা গঠিত একটি লেন্স দেখান হইয়াছে। এই লেন্সের অক্ষে একটি বিন্দুবৎ বস্তু স্থাপন করা হইল। লেন্সটির সাহায্যে বস্তুটির (i) একটি প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে, (ii) দুইটি প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে, নাকি (iii) কোন প্রতিবিম্বই গঠিত হইবে না? ব্যাখ্যা কর।

[A layered lens shown in Fig. 210 is made of two different materials. A point object is placed on the axis. Will the lens form (i) one image, (ii) two images, or (iii) no image of the object? Explain.]

চিত্র 210

417. একটি লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব (i) আপতিত আলোর বর্ণের উপর এবং (ii) লেন্সটির চতুষ্পার্শস্থ মাধ্যমের প্রকৃতির উপর কীরূপে নির্ভর করে?

[How does the focal length of a lens depends on (i) the colour of the incident light and (ii) the nature of the surrounding medium?] [H. S. 1980 (May)]

418. প্রমাণ কর যে, এক উত্তল লেন্স-কর্তৃক গঠিত চন্দ্রের প্রতিবিম্বের ক্ষেত্রফল লেন্সটির ফোকাস-দূরত্বের বর্গের সমানুপাতিক। লেন্সের উন্মেষকে আংশিকভাবে ঢাকিয়া দিলে প্রতিবিম্বের কী হইবে?

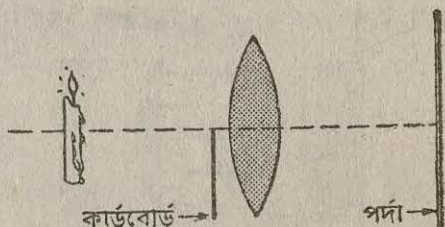
[Prove that the area of the image of the moon produced by a convex lens is proportional to the square of the focal length. What happens to the image if a part of the lens is covered by a black paper?] [I. I. T. Adm. Test. 1969]

419. পর্দা ও লেন্সের দূরত্ব পরিবর্তন করা যায় এইরূপ একটি ক্যামেরার সাহায্যে জনৈক ফটোগ্রাফার এক ব্যক্তির ছবি তুলিল। ইহার পর সে আকাশে ভাসমান মেঘের ছবি তুলিল। এই সময় তাহাকে ক্যামেরার লেন্স ও পর্দার দূরত্ব বাড়াইতে হইবে, না কমাইতে হইবে?

[A photographer with an extending camera takes a photograph of a man. He then photographs the clouds floating across the sky. Should he increase or decrease the camera's extension ?]

420. একটি পাতলা উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব মাপিতে নীল আলোর পরিবর্তে একবর্ণী লাল আলো ব্যবহার করিলে ফোকাস-দূরত্বের মান বাড়িবে, কমিবে, নাকি স্থির থাকিবে ?

[Does the focal length of a thin convex lens increase, decrease or remain the same if monochromatic red light is used instead of blue light to measure it ?] (I. I. T. Adm. Test, 1973]

421. একটি উত্তল লেন্সের সাহায্যে একটি পর্দার উপর একটি মোমবাতির প্রতিবিম্ব পাওয়া গেল। যদি লেন্সের উন্মেষের অর্ধেক একখণ্ড কার্ডবোর্ডের সাহায্যে ঢাকিয়া দেওয়া হয় (চিত্র 211) তাহা হইলে এই প্রতিবিম্বের কী পরিবর্তন হইবে ?

চিত্র 211

[A image of a candle is obtained on a screen with the help of a convex lens. How will this image be altered if the lens be half-covered by a piece of cardboard (Fig. 211).

422. একটি আলোক-উৎস এবং একটি পর্দার মাঝামাঝি f ফোকাস-দৈর্ঘ্য-বিশিষ্ট একটি উত্তল লেন্স রাখা হইল। উৎস এবং পর্দার মধ্যবর্তী দূরত্ব $4f$ অপেক্ষা কম। আমরা জানি যে, লেন্স যে-অবস্থানেই থাকুক না কেন, এই অবস্থায় পর্দায় আলোক-উৎসের প্রতিবিম্ব পাওয়া সম্ভব নয়। অতি সহজ উপায়ে এবং লেন্স বা পর্দা না সরাইয়া পর্দার উপর কীরূপে আলোক-উৎসের প্রতিবিম্ব গঠন করা যায় ?

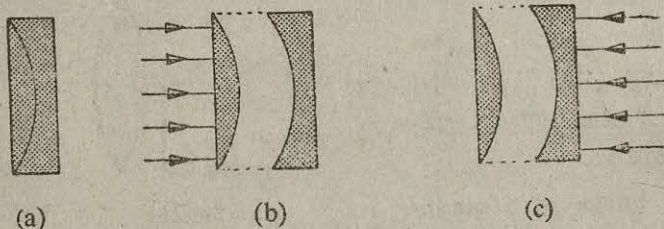
[A convex lens of focal length f is placed between a source of light and screen. The distance between the source and the screen is less then $4f$ It is known that in these conditions it is not possible to obtain an image of the source on the screen, whatever the position of the lens How can an image of the source be obtained on the screen with quite simple means and without moving either the lens or the screen ?]

423. μ প্রতিসরাঙ্কবিশিষ্ট কোন মাধ্যমের তৈয়ারী একটি অবতল লেন্সকে এমন একটি মাধ্যমে নিমজ্জিত রাখা হইল যাহার প্রতিসরাঙ্ক (i) μ অপেক্ষা বেশি, (ii) μ-এর সমান এবং (iii) μ অপেক্ষা কম। যখন লেন্সটির উপরে একটি সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ আপতিত হয়, তখন উপরি-উক্ত প্রতিটি ক্ষেত্রে রশ্মিগুলির নিষ্ক্রমণ পথ-নির্দেশ কর।

[A concave lens made of a material of refractive index μ is immersed in a medium whose refractive index is (i) greater than,

(ii) equal to and (iii) less than μ, when a parallel beam of light is incident on the lens. Trace the path of emergent rays in each of the above cases.] (I. I. T. Adm. Test, 1973)

424. সমান্তরাল তলবিশিষ্ট একটি কাচের চাক্তিকে 212a নং চিত্রের অনুরূপ কাটা হইল। ইহার পর গঠিত লেন্স দুইটিকে পরস্পর হইতে দূরে সরান হইল। (i) অভিসারী লেন্সটির দিক হইতে (চিত্র 212 b), (ii) অপসারী রশ্মির দিক হইতে (চিত্র 212 c) এই লেন্স-সংস্থার উপর সমান্তরাল আলোক-রশ্মিগুচ্ছ আপতিত হইলে কী হইবে ?

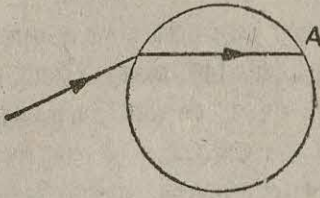
লেন্সগুলির দূরত্ব যে-ক্ষেত্রে ফোকাস-দূরত্ব অপেক্ষা কম এবং যে-ক্ষেত্রে ফোকাস-দূরত্ব অপেক্ষা বেশি—এই দুইটি ক্ষেত্রই বিবেচনা কর।

চিত্র 212

[A glass disc whose plane surfaces are parallel is cut as shown in (Fig. 212 a). Then the lenses so formed are moved apart. What will happen to a beam of parallel rays of light on the resulting lens system : (i) from the side of the converging lens (Fig. 212 b), (ii) from the side of the diverging lens (Fig. 212 c). Consider the cases when the distance between the lenses is less than the focal length and when the distance between them is greater than the focal length.]

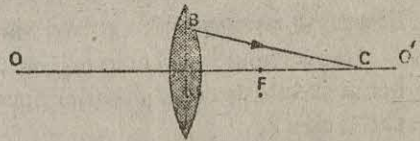
425. এইচ্. জি. ওয়েলসের রচিত 'অদৃশ্য মানুষ'-নামক উপন্যাসের নায়ক এমন একটি যৌগ আবিষ্কার করিয়াছিলেন যাহা পান করিয়া তিনি সম্পূর্ণ স্বচ্ছ এবং অদৃশ্য হইয়া গিয়াছিলেন। উক্ত উপন্যাসে অদৃশ্য মানুষটি নিজে অদৃশ্য থাকিয়া পারিপার্শ্বিক বস্তুসামগ্রী দেখিতে সক্ষম ছিলেন। এইরূপ অদৃশ্য মানুষ দেখিতে পারিবে কি ? ব্যাখ্যা কর।

[In H. G. Wells's novel 'The Invisible Man', the hero of the book discovered a compound which, when he drank it, made him transparent and therefore invisible. In the novel, the invisible man himself could see his surroundings, while remaining unseen. Can such an invisible man see ? Explain.]

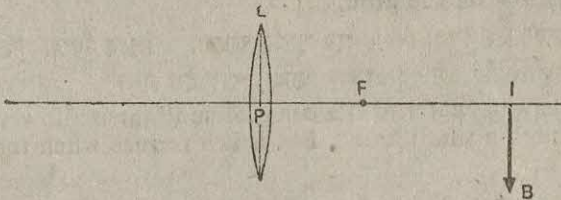
426. একটি আলোক-রশ্মি একটি স্বচ্ছ এবং সুষম গোলকের উপর পড়িয়া

উহাতে প্রবেশ করিল। গোলকের মধ্য দিয়া গিয়া উহা গোলক-বায়ুর বিভেদতলের A বিন্দুতে আপতিত হইল (চিত্র 213)। এই বিন্দুতে আলোক-রশ্মিটি পূর্ণ প্রতিফলিত হইতে পারে কি?

চিত্র 213

[A ray of light falls on a transparent homogeneous sphere and passes into it. After passing through the inside of the sphere it reaches the sphere-air surface at A (Fig. 213). Can total internal reflection take place at this point ?]

427. একটি উভোত্তল ক্ষীণবেধবিশিষ্ট লেন্স-কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর একটি আলোক-রশ্মি BC-এর গতিপথ কীরূপ হইবে 214 নং চিত্রে তাহা দেখান হইয়াছে। F বিন্দুটি ঐ লেন্সের প্রধান ফোকাস OO′ রেখাটি ইহার প্রধান অক্ষ। রশ্মিটি লেন্সে পৌঁছিবার পূর্বে কোন্ পথে আসিতেছিল তাহা জ্যামিতিক অঙ্কনের সাহায্যে নির্ণয় কর।

চিত্র 214

[In Fig. 214 is depicted the path of a ray of light BC after refraction in a thin double convex lens. F is its principal focus and OO′ is its principal axis. Find by geometrical construction the path of the ray before reaching the lens.]

428. 215 নং চিত্রে একটি অভিসারী লেন্স L-কর্তৃক গঠিত কোন বস্তুর অবশীর্ষ প্রতিবিম্ব IB দেখান হইয়াছে। F হইল লেন্সটির মুখ্য ফোকাস। আলোক-রশ্মির পথ-নির্দেশ করিয়া বস্তুটির অবস্থান নির্ধারণ কর।

চিত্র 215

[Fig. 215 shows the inverted image IB of an object produced by a converging lens L. F is the principal focus of the lens. Show by a ray drawing where the object is positioned.]

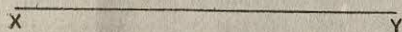
429. একটি লেন্সের সাহায্যে B বিন্দুতে A বিন্দুর প্রতিবিম্ব গঠিত হইল (চিত্র 216)। OO′ রেখাটি এই লেন্সের প্রধান অক্ষ। লেন্সটি কোথায় অবস্থিত, ইহা কী প্রকৃতির, এবং ইহার ফোকাসদ্বয় কোথায় অবস্থিত?

চিত্র 216

[With the help of a lens an image B is obtained of a point A

(Fig. 216). The line OO′ is the principal axis of the lens. Where is the lens placed, of what kind is it and where are its foci ?]

430. 217 নং চিত্রে একটি স্বপ্রভ বিন্দু এবং একটি লেন্স-কর্তৃক গঠিত ঐ স্বপ্রভ বিন্দুর প্রতিবিম্ব দেখান হইয়াছে। যদি ব্যবহৃত লেন্সটির প্রধান অক্ষ XY হয় তাহা হইলে ঐ লেন্স এবং ইহার ফোকাসদ্বয়ের অবস্থান নির্ণয় কর।

·B
·A
X Y

চিত্র 217

[Fig 217 shows a luminous point and its image produced by a lens. If the principal axis of the lens is XY, find the position of the lens and its foci.]

431. দুইটি অভিসারী লেন্সকে কীরূপে স্থাপন করিলে একটি সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ ঐ লেন্সদ্বয়ের মধ্যদিয়া গিয়া পুনরায় সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় ?

[How should two converging lenses be placed so that a parallel beam should become parallel once more after passing through both the lenses ?]

* * *

আলোক ঋজুগতি, আলোর বিক্ষেপণ, দীপ্তিমিতি ও বস্তুর বর্ণ

432. একটি বিমান বা উড়ন্ত পাখি অনেক উপরে উঠিলে মাটিতে উহার কোন ছায়া পড়ে না কেন ব্যাখ্যা কর।

[Explain why an aeroplane or a flying bird at a high altitude does not cast any shadow on the ground.]

433. একটি ছিদ্রের মধ্য দিয়া কোন ঘরে সূর্যের আলো আসিতে দিলে সূর্য-গ্রহণ দেখা সম্ভব হয়, কিন্তু ছিদ্রটি বড় হইলে আর তাহা সম্ভব হয় না।

[A solar eclipse can be watched if a beam of sunlight is allowed to enter a room through a small hole. But it is a failure when the hole is big. Explain.

434. সার্চলাইটের আলোর তীব্রতা বিষমবর্গীয় সূত্র অনুসারে পরিবর্তিত হইবে বলিয়া মনে কর কি ? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[Would you expect the intensity of light of a searchlight to vary according to the law of inverse square ? Give reasons for your answer.]

435. দিনের আলোয় কোন বাড়ির সাদা দেয়াল অপেক্ষা জানালাগুলির ঔজ্জ্বল্য কম দেখায় কেন ?

[Why do the windows appear less bright than the white walls of a house in daylight ?]

436. r-ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি বৃত্তাকার টেবিলের অক্ষ বরাবর একটি ল্যাম্প

ঝুলিতেছে। ল্যাম্পটিকে কতটা উচ্চতায় রাখিলে টেবিলের ধারের দীপনমাত্রা উহার কেন্দ্রের দীপনমাত্রার এক-অষ্টমাংশ হইবে ?

[A lamp is hanging along the axis of a circular table of radius *r*. At what height should the lamp be placed above the table so that the intensity of illumination at the edge of the table is 1/8 of that at the centre ?] (I. I. T. Adm. Test, 1978)

437. 'যদি বায়ুমণ্ডল না থাকিত তাহা হইলে পৃথিবীতে দিবালোকের স্থায়িত্ব কমিয়া যাইত।' ব্যাখ্যা কর।

['It there were no atmosphere, the duration of daylight on the earth would decrease.' Explain.]

438. আকাশের রঙ নীল হইবার কারণ কি ?

[Why is the colour of the sky blue ?]

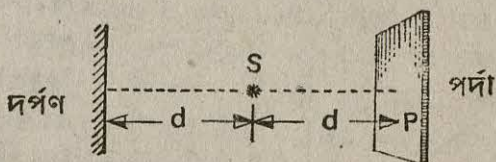
439. অস্তগামী সূর্যকে লাল দেখায় কেন ?

[Why does the setting sun appear red ?]

440. চন্দ্রের বলয় গ্রাস কখনও হইতে পারে না কেন ব্যাখ্যা কর।

[Explain why annular lunar eclipse can never occur.]

441. একটি বিন্দুবৎ আলোক-উৎস S হইতে d দূরত্বে একটি পর্দা রাখা হইল (চিত্র 218)। আলোক-উৎসের অপর পার্শ্বে একই দূরত্বে পর্দার সহিত সমান্তরালভাবে একটি সমতল দর্পণ রাখিলে S হইতে পর্দার উপর অঙ্কিত লম্বের পাদবিন্দু P-তে দীপনমাত্রা কত হইবে ?

দর্পণ S d d P পর্দা

চিত্র 218

[A screen is placed at a distance d from a point source of light S. How will the illumination at the foot of the perpendicular (P) drawn from the screen be altered if a plane mirror be placed parallel to the screen on the other side of the source at the same distance from it (Fig. 218).]

442. হলুদ এবং নীল রঙের রঙিন পদার্থ মিশ্রিত করিলে সবুজ পদার্থ সৃষ্টি হয়, কিন্তু হলুদ রঙ এবং নীল রঙের আলো একত্রে পর্দায় পড়িলে সাদা আলোর সৃষ্টি হয়। ব্যাখ্যা কর।

[Yellow and blue paints mixed together produce green paint, but yellow and blue lights shone together on to a screen produce white light.] (C. U. I. Sc., 1950)

443. ঘষা কাচের পাতকে ভিজান হইলে উহা প্রায় স্বচ্ছ হইয়া যায় কেন ব্যাখ্যা কর।

[Explain why a sheet of ground glass becomes almost transparent when wet.] (C. U. I. Sc., 1942)

444. সবুজ পাতা আর লাল ফুলে সজ্জিত একটি গাছকে পর পর সবুজ,

লাল এবং নীল আলোতে আলোকিত করিয়া দেখা হইল। এই সকল ক্ষেত্রে পাতা এবং ফুলগুলিকে কীরূপ দেখাইবে ?

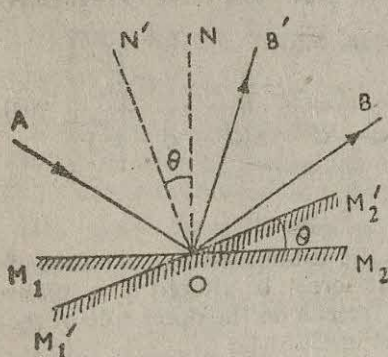
[A Plant with green leaves and red flowers are observed successively by the green, red and blue light. How do the leaves and flowers appear in each of the above cases ?]

445. যে-কাপড়ের টুকরাকে দিনের আলোতে লাল দেখায় উপযুক্তভাবে আলোকিত করিলে রাত্রিতে উহাকে কালো দেখাইতে পারে, কিন্তু যে-কাপড়কে দিনের আলোতে কালো দেখায় কোনভাবে আলোকিত করিলেই উহাকে রাত্রিতে লাল দেখাইবে না। যুক্তিসহ পরিষ্কারভাবে ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

[A piece of cloth looking red in daylight may be made to look black at night by using suitable illumination, but a cloth looking black in daylight cannot be made to look red at night by using some similar method, Explain reasons for these clearly.]

Jt. Entrance, '76)

সমাধান

386. (i) মনে করি, AO আলোক-রশ্মি M_1M_2 দর্পণে আপতিত হইয়া OB পথে অগ্রসর হয় (চিত্র 219)। দর্পণটি নিজ তলের সাপেক্ষে θ-কোণ ঘুরিয়া $M_1'M_2'$ অবস্থানে আসিলে AO-রশ্মি প্রতিফলিত হইয়া OB′ পথে যায়। O বিন্দু হইতে M_1M_2 এবং $M_1'M_2'$-এর উপর যথাক্রমে ON এবং ON′ লম্ব টানা হইল। M_1M_2 হইল দর্পণের প্রথম অবস্থান। AO আপতিত রশ্মি এবং OB প্রতিফলিত রশ্মি। ON আপতন বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্ব। সুতরাং, প্রতিফলনের সূত্র হইতে লেখা যায়, $\angle AON = \angle BON = \alpha$ (ধরি)

চিত্র 219

সুতরাং, $\angle AOB = \angle AON + \angle BON = 2\alpha$ ... (i)

দর্পণ θ-কোণ ঘুরিলে উহার উপর অঙ্কিত অভিলম্বও θ-কোণ ঘুরিবে। অর্থাৎ, $\angle M_2OM_2' = NON' = \theta$

এই অবস্থায় প্রতিফলিত রশ্মি OB′ বলিয়া প্রতিফলনের সূত্রানুসারে পাই,

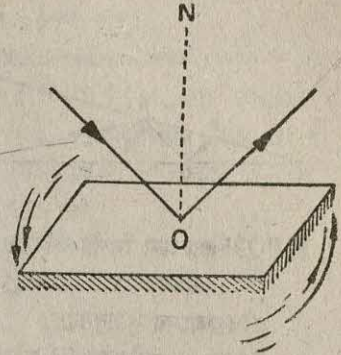
$$\angle AON' = B'ON' = \alpha - \theta$$

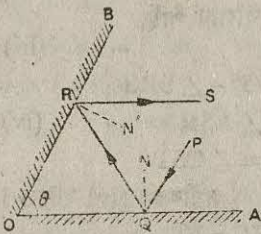
সুতরাং, $\angle AOB' = \angle AON' + B'ON' = 2(\alpha - \theta)$ ... (ii)

$\therefore \angle BOB' = \angle AOB - \angle AOB' = 2\alpha - 2(\alpha - \theta)$ [(i) এবং (ii) হইতে]

বা, $\angle BOB' = 2\theta$

অর্থাৎ, দর্পণ নিজ তলের সাপেক্ষে θ-কোণ ঘুরিলে প্রতিফলিত রশ্মি 2θ কোণ ঘুরিয়া যায়।

(ii) দর্পণটি যদি উহার তলে অঙ্কিত অভিলম্বকে অক্ষ করিয়া ঘুরে, তাহা হইলে আপতন কোণের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না (চিত্র 220)। এক্ষেত্রে দর্পণের ঘূর্ণনের ফলে প্রতিফলিত রশ্মির কোন ঘূর্ণন হয় না।

চিত্র 220

387. A এবং B দর্পণ দুইটি পরস্পর θ কোণে আনত (চিত্র 221)। PQ রশ্মিটি B দর্পণের সমান্তরালভাবে A দর্পণের O-বিন্দুতে আপতিত হইয়াছে। Q বিন্দু হইতে প্রতিফলিত হইয়া ঐ রশ্মিটি B দর্পণের R-বিন্দুতে আপতিত হইয়াছে। QR রশ্মিটি B দর্পণে প্রতিফলিত হইয়া RS পথে গিয়াছে। প্রশ্নের শর্তানুসারে RS রশ্মিটি A দর্পণের সমান্তরাল। এখন, দর্পণ-দ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ θ নির্ণয় করিতে হইবে।

চিত্র 221

QN এবং RN′ যথাক্রমে A দর্পণের Q বিন্দুতে এবং B দর্পণের R বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্ব। PQ রশ্মিটি B দর্পণের সমান্তরাল বলিয়া লেখা যায়, $\angle PQA = \angle ROQ = \theta$

$\therefore \angle PQN = 90° - \angle PQA = (90° - \theta)$

প্রতিফলনের সূত্রানুসারে,

$\angle RQN = \angle PQN = (90° - \theta)$

কাজেই, $\angle RQO = \angle OQN - \angle RQN = 90° - (90° - \theta) = \theta$ ... (i)

অনুরূপভাবে, RS রশ্মিটি A দর্পণের সমান্তরাল বলিয়া লেখা যায়,

$\angle BRS = \angle ROQ = \theta \quad \therefore \quad \angle SRN' = 90 - \theta$

প্রতিফলনের সূত্রানুসারে, $\angle QRN' = \angle SRN = 90° - \theta$

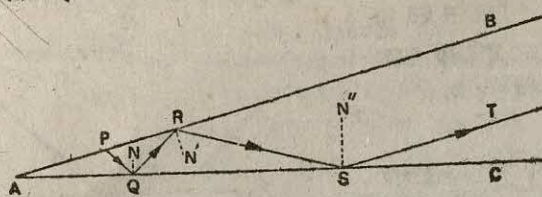
সুতরাং, $\angle QRO = \angle ORN' - \angle QRN' = 90° - (90° - \theta) = \theta$ ... (ii)

এখন, একটি ত্রিভুজের তিনটি কোণের সমষ্টি দুই সমকোণের সমান বলিয়া লেখা যায়, $\angle ROQ + \angle RQO + \angle QRO = 180°$

$\therefore$ সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $\theta + \theta + \theta = 180°$

বা, $\theta = 60°$

388. AB এবং AC দর্পণদ্বয় পরস্পর 15° কোণে আনত (চিত্র 222)। AB দর্পণের উপর P একটি নির্দিষ্ট বিন্দু। P হইতে আগত রশ্মি PQ পথে আসিয়া প্রথমে Q বিন্দুতে প্রতিফলিত হইল। প্রতিফলিত রশ্মি QR পথে গিয়া AB দর্পণের R-বিন্দুতে আপতিত হইল। এই বিন্দু হইতে প্রতিফলিত হইবার

পর উহা RS পথে অগ্রসর হয় এবং AC দর্পণের S-বিন্দুতে আপতিত হয়। S-বিন্দুতে প্রতিফলিত হইবার পর রশ্মিটি AB দর্পণের সমান্তরালভাবে অগ্রসর হয়। Q-বিন্দুতে PQ রশ্মির আপতন কোণ

চিত্র 222

$\angle PQN$-এর মান নির্ণয় করিতে হইবে।

এখন, $\angle PQN = 90° - \angle PQA$ ... (i)

প্রতিফলনের সূত্রানুসারে, $\angle PQN = \angle RQN$ বলিয়া $\angle PQA = \angle RQS$

সুতরাং, সমীকরণ (i) হইতে লেখা যায়,

$\angle PQN = 90° - \angle RQS = 90° - (\angle ARQ + 15°)$

বা, $\angle PQN = 75° - \angle ARQ$ ... (ii)

প্রতিফলনের সূত্রানুসারে, $\angle QRN' = \angle SRN'$ বলিয়া পাই,

$\angle ARQ = \angle BRS$ ... (iii)

সমীকরণ (ii) এবং (iii) হইতে পাই, $\angle PQN = 75° - \angle BRS$

$= 75° - (\angle ASR + 15°) = 60° - \angle ASR$ ... (iv)

প্রতিফলনের সূত্র হইতে প্রমাণ করা যায়, $\angle ASR = \angle CST$

কাজেই, $\angle PQN = 60° - \angle CST$ [সমীকরণ (iv) হইতে]

এখন, ST এবং AB সমান্তরাল বলিয়া $\angle CST = 15°$

$\therefore \quad \angle PQN = 60 - 15° = 45°$

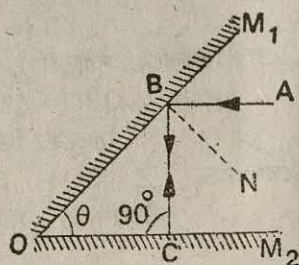
389. মনে করি, OM_1 এবং OM_2 দর্পণ দুইটি পরস্পর θ কোণে আনত রহিয়াছে (চিত্র 223)। AB আলোক-রশ্মিটি OM_2 দর্পণের সহিত সমান্তরাল ভাবে OM_1 দর্পণে আপতিত হইল। B বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া ঐ আলোক-রশ্মিটি BC পথে আসিয়া দর্পণের C বিন্দুতে আপতিত হইল। শর্তানুসারে, C-বিন্দু প্রতিফলিত হইবার পর আলোক-রশ্মিটি একই পথে (CB পথে) ফিরিয়া গেল। কাজেই, BC আলোক-রশ্মিটি OM_2 দর্পণের উপর লম্বভাবে আপতিত হইয়াছে।

অর্থাৎ, $\angle BCO = 90°$ ... (i)

চিত্র 223

BA এবং OM_2 রেখাদ্বয় পরস্পর সমান্তরাল বলিয়া লেখা যায়, $\angle M_1BA = \theta$ ... (ii)

B বিন্দুতে OM_2 দর্পণের উপর BN অভিলম্ব টানা হইল।

AB রশ্মির আপতন কোণ $\angle ABN = 90° - \angle M_1BA = (90° - \theta)$ [(ii) হইতে]

কাজেই, প্রতিফলন কোণ, $\angle CBN=(90^\circ-\theta)$

এখন, $\angle CBO = 90 - \angle CBN=\theta$ ... (iii)

আবার, $\angle OCB$ কোণটি একটি সমকোণ বলিয়া লেখা যায়,

$\angle BOC+\angle CBO=90^\circ$ বা, $\theta+\theta=90^\circ$ বা, $\theta=45^\circ$

390. মনে করি, M_1M_2 দর্পণটি অনুভূমিক (চিত্র 224)। এই দর্পণের O বিন্দুতে AO-রশ্মিটি 45° কোণে আপতিত হইয়াছে। প্রতিফলিত হইয়া OP পথে অগ্রসর হইয়াছে। দ্বিতীয় দর্পণ M_3M_4-কে এমনভাবে স্থাপন করিতে হইবে যাহাতে OP রশ্মিটি এই দর্পণের P বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া অনুভূমিক-ভাবে PB রেখা বরাবর অগ্রসর হয় (চিত্র 224)।

চিত্র 224

চিত্রানুসারে, দ্বিতীয় দর্পণে আপতন কোণের মান θ হইলে লেখা যায়, $\angle BPO=2\theta$ ... (i)

এখন, M_1M_2 এবং PB সমান্তরাল বলিয়া,

$\angle POM_2+\angle BPO=180^\circ$ বা, $45^\circ+2\theta=180^\circ$ [(i) হইতে]

বা, $\theta=67{\cdot}5^\circ$

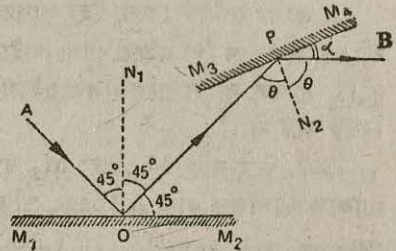
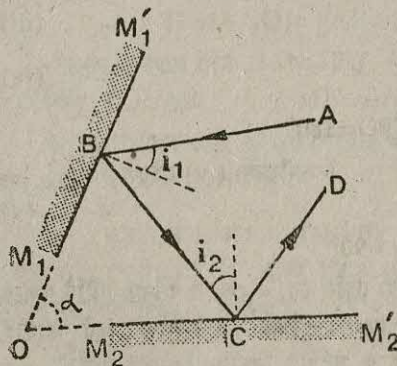
$\therefore$ দুইটি দর্পণের অন্তর্ভুক্ত, $\alpha=90^\circ-\theta-90^\circ-67{\cdot}5^\circ=22{\cdot}5^\circ$

391. মনে করি, M_1M_2' এবং M_2M_2'—এই দুইটি সমতল দর্পণ পরস্পরের সহিত α-কোণে আনত (চিত্র 225)। কোন আলোক-রশ্মি AB প্রথমে M_1M_2 দর্পণের B বিন্দুতে i_1-কোণে আপতিত হইয়া প্রতি-ফলনের পর BC পথে অগ্রসর হয় এবং M_2M_2' দর্পণের C বিন্দুতে i_2-কোণে আপতিত হয়। ইহার পর C বিন্দু হইতে প্রতিফলিত হইয়া CD পথে অগ্রসর হয়।

চিত্র 225

প্রথম দর্পণের B বিন্দুতে প্রতিফলনের ফলে আলোক-রশ্মির বিচ্যুতি,

$\delta_1=180^\circ-\angle ABC$ বা, $\delta_1=180^\circ-2i_1$ ... (i)

অনুরূপভাবে, দ্বিতীয় দর্পণের C বিন্দুতে প্রতিফলনের ফলে আলোক-রশ্মি বিচ্যুতি, $\delta_2=180^\circ-2i_2$ ... (ii)

সুতরাং, পর পর দুইটি দর্পণে প্রতিফলনের ফলে আলোক-রশ্মির মোট বিচ্যুতি,

$$\delta=\delta_1+\delta_1=360^\circ-2(i_1+i_2) \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

এখন, $\triangle$OBC হইতে লেখা যায়, $\angle BOC+\angle OBC+\angle BCO=180^\circ$

বা, $\alpha+(90^\circ-i_1)+(90^\circ-i_2)=180^\circ$

বা, $\alpha=i_1+i_2 \quad \cdots \quad \text{(iv)}$

সুতরাং, সমীকরণ (iii) এবং (iv) হইতে পাই,

$$\delta=360^\circ-2\alpha \quad \cdots \quad \text{(v)}$$

α একটি নির্দিষ্ট কোণ, ইহা আপতন কোণ i_1-এর উপর নির্ভরশীল নয়। কাজেই, সমীকরণ (v) হইতে দেখা যাইতেছে যে, কোন আলোক-রশ্মি পর পর দুইটি সমতল দর্পণে প্রতিফলিত হইলে উহার মোট বিচ্যুতি আপতন কোণের উপর নির্ভর করে না।

392. মনে করি, M_1 এবং M_2 দর্পণ দুইটি পরস্পরের সহিত α-কোণে আনত থাকিলে আপতিত রশ্মি AB এবং প্রতিফলিত রশ্মি CD পরস্পরের সমান্তরাল হয় (চিত্র 226)। মনে করি, AB আলোক-রশ্মির M_1 দর্পণের উপর θ-কোণে এবং BC রশ্মিটি β কোণে M_2 দর্পণে আপতিত হইয়াছে। স্পষ্টতই,

$$\angle ABC=2\theta \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এবং $\angle BCD=2\beta \quad \cdots \quad \text{(ii)}$

আবার, AB এবং CD রশ্মিদ্বয় পরস্পর সমান্তরাল বলিয়া লেখা যায়,

চিত্র 226

$$\angle ABC+\angle BCD=180^\circ$$

বা, $2\theta+2\beta=180^\circ$ [(i) এবং (ii) হইতে]

বা, $\theta+\beta=90^\circ \quad \cdots \quad \text{(iii)}$

এখন, $\left\{\begin{array}{l}\angle OCB=(90^\circ-\beta)\\ \angle CBO=(90^\circ-\theta)\end{array}\right\} \quad \cdots \quad \text{(iv)}$

আবার, $\angle BOC+\angle OCB+\angle CBO=180^\circ$

বা, $\alpha+(90-\theta)+(90^\circ-\beta)=180^\circ$ [সমীকরণ (iv) হইতে]

বা, $\alpha=\theta+\beta \quad \cdots \quad \text{(v)}$

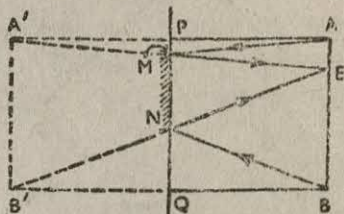
সমীকরণ (iii) এবং (v) হইতে পাই, $\alpha=90^\circ$

● 391 নং প্রশ্নের উত্তর হইতে আমরা জানি যে, α কোণে আনত দুইটি দর্পণে পর পর প্রতিফলিত হইবার পর কোন আলোক-রশ্মির যে-বিচ্যুতি ঘটে তাহাই আপতন কোণের উপর নির্ভরশীল নয়, এক্ষেত্রে, সর্বদাই বিচ্যুতি কোণের মান

$$\delta=360^\circ-2\alpha \quad \cdots \quad \text{(vi)}$$

এক্ষেত্রে, আপতিত রশ্মি এবং দুই দর্পণে প্রতিফলিত রশ্মি পরস্পর সমান্তরাল বলিয়া $\delta=180^\circ$। কাজেই, (i) হইতে পাই, $180^\circ=360^\circ-2\alpha$

বা, $\alpha=90^\circ$

393. মনে করি, PQ তলে একটি সমতল দর্পণ রহিয়াছে এবং সম্মুখে এক ব্যক্তি AB দণ্ডায়মান রহিয়াছে (চিত্র 227) । E ঐ ব্যক্তির চোখের অবস্থান । A বিন্দু হইতে PQ রেখার উপর লম্ব টানিয়া উহাকে A′ পর্যন্ত বর্ধিত করা হইল যাহাতে AP=A′P হয় । সুতরাং, A′ হইবে A-বিন্দুর প্রতিবিম্বের অবস্থান । A′ এবং E যোগ করা হইল । A′E-রেখা PQ প্রতিবিম্ব দর্পণকে M বিন্দুতে ছেদ করিল । A বিন্দু হইতে আগত আলোক-রশ্মি দর্পণ-কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌঁছাইলে A′ বিন্দুতে A বিন্দুর প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে । অর্থাৎ, উপরের দিকে দর্পণটি M-বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত হইলে তবেই A′ প্রতিবিম্ব AB ব্যক্তির চোখে পড়িবে । অনুরূপভাবে, নিম্নতম বিন্দু B′-কে দেখিতে হইলে দর্পণ নিচের দিকে N-বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত হওয়া প্রয়োজন ।

চিত্র 227

সুতরাং, নিজ দেহের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে হইলে দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে MN-এর সমান হওয়া আবশ্যক ।

$\triangle AA'E$ এবং $\triangle A'PM$ সদৃশকোণী বলিয়া,

$$\frac{PM}{AE}=\frac{A'P}{A'A}=\frac{AP}{2AP}=\frac{1}{2} \quad \text{বা,} \quad PM=\frac{1}{2}AE \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

অনুরূপভাবে, $\triangle B'NQ$ এবং $\triangle B'BE$ সদৃশকোণী বলিয়া,

$$\frac{NQ}{BE}=\frac{B'Q}{B'B}=\frac{B'Q}{2B'Q}=\frac{1}{2} \quad \text{বা,} \quad NQ=\frac{1}{2}BE \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

$$\therefore \quad (PM+NQ)=\tfrac{1}{2}(BE+AE)=\tfrac{1}{2}AB$$

দর্পণের ন্যূনতম দৈর্ঘ্য, $MN=PQ-(PM+NQ)=PQ-\frac{1}{2}AB$

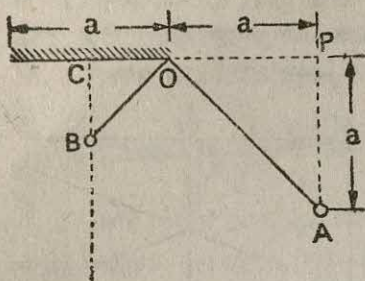
কিন্তু, $PQ=AB \quad \therefore \quad MN=\frac{1}{2}AB-\frac{1}{2}AB=\frac{1}{2}AB$

অর্থাৎ, দর্পণের দৈর্ঘ্য ব্যক্তির দৈর্ঘ্যের অন্তত অর্ধেক হইলে ঐ ব্যক্তি দর্পণে তাহার পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে ।

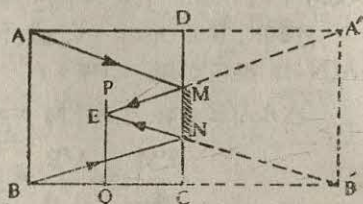
● অনুরূপ প্রশ্ন : দেখাও যে, খাড়াভাবে দণ্ডায়মান নির্দিষ্ট উচ্চতাবিশিষ্ট কোন ব্যক্তি যে-উল্লম্ব দর্পণে একই সময়ে তাহার পা এবং মস্তকের শীর্ষ দেখিতে পারে উহার ন্যূনতম দৈর্ঘ্য ঐ ব্যক্তির চোখ এবং মস্তক-শীর্ষের দূরত্বের উপর নির্ভরশীল নয় ।

[Show that for a person of given height standing upright, the minimum length of a vertical plane mirror in which he can see his feet and the top of his head at the same time is independent of distance between his eyes and the top of his head.]

394. যে-মুহূর্তে A এবং B ব্যক্তি পরস্পরকে দর্পণের মধ্যে দেখিতে পাইবে,

সে-মুহূর্তে B বিন্দু হইতে আগত আলোক-রশ্মি (দর্পণের প্রান্তে অবস্থিত) O-বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া A-এর মধ্য দিয়া যাইবে (চিত্র 228)।

চিত্র 228

228 নং চিত্র হইতে, $OP = AP = a$
কাজেই, $\angle POA = 45^\circ$ সুতরাং,
$\angle COB = 45^\circ$ হইবে।
$\therefore \quad BC = CO = a/2$
অর্থাৎ, B ব্যক্তি যখন দর্পণ হইতে $a/2$ দূরত্বে আসিবে তখন A এবং B ব্যক্তি দর্পণের মধ্যে পরস্পরকে দেখিতে পাইবে।

395. 229 নং চিত্রে PQ রেখা দ্বারা ঘরের মধ্যস্থলে দণ্ডায়মান ব্যক্তির অবস্থান সূচিত করা হইয়াছে, E তাহার চোখের অবস্থান। CD দেওয়ালে একটি সমতল দর্পণ রহিয়াছে। দর্পণটির দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত হইলে ঐ দর্শক উহাতে AB দেওয়ালের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। ধরি, A বিন্দু হইতে আগত আলোক-রশ্মি দর্পণের M বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া দর্শকের চোখে প্রবেশ করে এবং B বিন্দু হইতে আগত আলোক-রশ্মি দর্পণের N বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া দর্শকের চোখে প্রবেশ করে। A′ এবং B′ যথাক্রমে A এবং B বিন্দুর প্রতিবিম্ব। 229 নং চিত্রে দেখা যাইতেছে যে, দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে MN-এর সমান হইলে দর্শক উহাতে AB-এর পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে।

চিত্র 229

স্পষ্টতই, $BC = B'C = 2QC$

$\therefore \quad B'Q = B'C + QC = B'C + \frac{1}{2} B'C = \frac{3}{2} BC$

কাজেই, $B'C = \frac{2}{3} B'Q \qquad \cdots \quad$ (i)

এখন, $\triangle$ B′NC এবং $\triangle$ B′EQ পরস্পর সদৃশ। সুতরাং,

$$\frac{B'E}{B'N} = \frac{B'Q}{B'C} = \frac{3}{2} \text{ [(i) হইতে] } \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

$\therefore$ (ii) হইতে পাই, $B'N = \frac{2}{3} B'E = \frac{2}{3}(B'N + NE)$

বা, $B'N = 2NE \qquad \cdots \quad$ (iii)

$\therefore \quad B'E = B'N + NE = 2NE + NE = 3NE$ বা, $NE = \frac{1}{3} B'E \quad \cdots \quad$ (iv)

$\triangle EMN$ এবং $\triangle EA'B'$ সদৃশ বলিয়া, $\frac{MN}{A'B'} = \frac{NE}{B'E} = \frac{1}{3}$

কাজেই, $MN=\frac{1}{3}A'B'=\frac{1}{3}AB$

সুতরাং, কোন দর্শক ঘরের দেওয়ালে টাঙ্গানো সমতল দর্পণে তাহার পিছনের দেওয়ালের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে চাহিলে দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে ঘরের উচ্চতার এক-তৃতীয়াংশের সমান হইতে হইবে।

396. সমতল দর্পণের সম্মুখে কোন বস্তু রাখিলে প্রতিবিম্বটি সর্বদা অসদ্ এবং আকারে বস্তুর সমান হইবে। অবতল দর্পণের খুব নিকটে কোন বস্তু রাখিলে প্রতিবিম্ব অসদ্ হইলেও আকারে বস্তু অপেক্ষা বৃহত্তর হইবে। আবার, উত্তল দর্পণের সম্মুখে কোন বস্তু রাখিলে প্রতিবিম্বটি অসদ্, কিন্তু আকারে বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হইবে।

কাজেই, কোন পরীক্ষাধীন দর্পণ অবতল, উত্তল, নাকি সমতল তাহা নির্ধারণ করিবার জন্য নিম্নের পরীক্ষাটি করা যায়। দর্পণটির খুব নিকটে একটি বস্তু (যেমন, হাতের একটি আঙ্গুল বা একটি পেন্সিল) রাখা হইল। যদি প্রতিবিম্বটি বস্তুর সমান হয় তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, পরীক্ষাধীন দর্পণটি সমতল, যদি প্রতিবিম্বটি বস্তু অপেক্ষা বড় হয় তাহা হইলে বুঝিতে হইবে দর্পণটি অবতল এবং যদি প্রতিবিম্বটি বস্তু অপেক্ষা ছোট হয় তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, দর্পণটি উত্তল।

397. অমসৃণ বস্তুর উপর আলো আপতিত হইলে ঐ আলোর বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন ঘটে। বিক্ষিপ্ত প্রতিফলনের ফলে আলো সকল দিকে ছড়াইয়া পড়ে বলিয়া ঐরূপ কোন বস্তুর উপর আলো পড়িলে উহাকে সকল দিক হইতেই দেখা যায়। সিনেমার পর্দা অমসৃণ বলিয়াই উহার উপর আলো পড়িলে প্রেক্ষাগৃহের সকল স্থানের দর্শকেরা ঐ পর্দার সকল অংশ দেখিতে পায়।

সিনেমার পর্দা সাদা না হইলে উহা হইতে সকল বর্ণের আলো সমভাবে প্রতিফলিত হইত না। ফলে, রঙ্গীন চলচ্চিত্র দেখার সময় পর্দায় প্রতিক্ষিপ্ত ছবির সঠিক রঙ ফুটিয়া উঠিত না।

398. ঘরের বাতি হইতে নিঃসৃত আলো জানালার কাচে প্রতিফলিত হয়। ঘরের বাহির হইতে আগত আলোর সহিত এই প্রতিফলিত আলোক-রশ্মিও দর্শকের চোখে প্রবেশ করে। প্রতিফলিত আলোর তীব্রতা বেশি হইলে দর্শক ঘরের বাহিরের বস্তুকে স্পষ্ট দেখিতে পায় না। কিন্তু ঘরের সব বাতি নিবাইয়া দিলে জানালার কাছ হইতে কোন প্রতিফলিত আলো আসিয়া দর্শকের চোখে প্রবেশ করে না। এই সময় কেবলমাত্র ঘরের বাহিরের আলো জানালার কাচের মধ্য দিয়া আসিয়া দর্শকের চোখে প্রবেশ করে। অর্থাৎ, এই সময় দর্শকের রেটিনা বা অক্ষিপটে ঘরের বাহিরের দৃশ্যাবলীর যে-প্রতিবিম্ব গঠিত হয় তাহাকে অস্পষ্ট করিয়া দিবার মত কোন অবাঞ্ছিত আলো দর্শকের চোখে প্রবেশ করে না। ফলে কাচের জানালার মধ্য দিয়া বাহিরের দৃশ্যাবলী দেখা সম্ভব হয়।

399. মনে করি, উত্তল দর্পণ-কর্তৃক গঠিত P সূচের অসদ্বিম্ব এবং সমতল

দর্পণ-কর্তৃক গঠিত Q সূচের অসদ্‌বিম্ব—এই প্রতিবিম্বদ্বয় উত্তল দর্পণের মেরু হইতে v দূরত্বে গঠিত হইয়াছে (চিত্র 230)।

সমতল দর্পণ-কর্তৃক গঠিত প্রতিবিম্বের ক্ষেত্রে বস্তু-দূরত্ব এবং প্রতিবিম্ব-দূরত্ব সমান বলিয়া 230 নং চিত্রানুসারে লেখা যায়,

$$|v| + x = y$$

চিত্র 230

বা, $|v| = (y - x)$ ... (i)

আমরা জানি যে, উত্তল দর্পণের ক্ষেত্রে বস্তু-দূরত্ব u এবং প্রতিবিম্ব দূরত্ব v-এর সম্পর্ক নিম্নের সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \quad \text{... (ii)}$$

এখানে, f হইল দর্পণের ফোকাস-দূরত্ব। এক্ষেত্রে, u এবং f ধনাত্মক, কিন্তু v-এর মান ঋণাত্মক। কাজেই, সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে লেখা যায়,

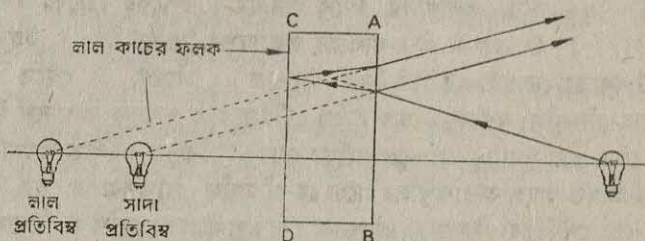
$$-\frac{1}{y-x} + \frac{1}{D} = \frac{1}{f} \qquad (\because \quad u = D)$$

বা, $$f = \frac{D(y-x)}{y-(x+D)}$$

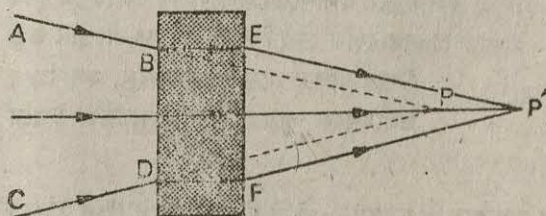
প্রতিবিম্ব দুইটিকে একই সঙ্গে দেখা যাইবে কিনা তাহা স্থির করিবার জন্য প্রতিবিম্ব গঠনকারী আলোক-রশ্মিগুলির গমনপথ লক্ষ্য করিতে হইবে। যে-সকল আলোক-রশ্মি উত্তল দর্পণ-কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া P সূচের অসদ্‌বিম্ব গঠন করিয়াছে উহারা উত্তল দর্পণের প্রধান অক্ষের উপর দিয়া গিয়াছে। আবার, যে-সকল আলোক-রশ্মি সমতল দর্পণ-কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া B সূচের অসদ্‌বিম্ব গঠন করিয়াছে উহারা প্রধান অক্ষের নিচ দিয়া গিয়াছে। উত্তল দর্পণ-কর্তৃক প্রতিফলিত আলোক-রশ্মিগুলির সহিত সমতল দর্পণ-কর্তৃক প্রতিফলিত রশ্মিগুলি উপরিপাতিত হইতেছে না বলিয়া কোন স্থানে চোখ রাখিয়াই প্রতিবিম্বদ্বয়কে একই সঙ্গে দেখা যাইবে না।

প্রতিবিম্বদ্বয়ের অবস্থান তুলনা করিবার জন্য দর্শককে প্রধান অক্ষের নিকট চোখের অবস্থান পরিবর্তন করিয়া একটির পর একটি প্রতিবিম্ব দেখিতে হইবে।

400. দর্পণ-কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠিত হয় প্রতিফলনের সাহায্যে। দর্পণ ও বস্তুর মধ্যবর্তী মাধ্যম যাহাই হউক না কেন আপতিত রশ্মি এবং দর্পণ-কর্তৃক প্রতিফলিত রশ্মির সম্পর্কের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। সুতরাং, দর্পণ ও বস্তুর মধ্যবর্তী মাধ্যমের পরিবর্তন হইলেও দর্পণ-কর্তৃক গঠিত প্রতিবিম্বের অবস্থানের কোন পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ, দর্পণ ও বস্তুকে জলে ডুবাইলেও প্রতিবিম্বের অবস্থান বদলায় না।

401. বৈদ্যুতিক বাতি হইতে নিঃসৃত আলোক-রশ্মি লাল কাচের ফলকের সম্মুখ-পৃষ্ঠ AB হইতে প্রতিফলিত হইয়া একটি প্রতিবিম্ব গঠন করে। এই প্রতিবিম্বটি সাদা কেননা উপরিপৃষ্ঠ হইতে সকল বর্ণের আলোই প্রতিফলিত হয়। কিন্তু বৈদ্যুতিক বাতির আলো লাল কাচের মধ্যে প্রবেশ করিলে লাল ভিন্ন অন্য

চিত্র 231

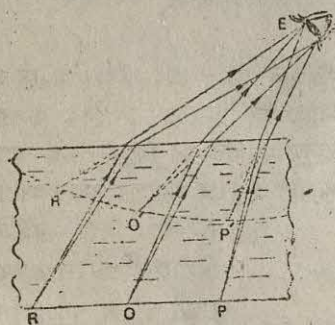
সকল বর্ণের আলো শোষিত হয়। কাজেই, লাল কাচের ফলকটির পশ্চাতের পৃষ্ঠ CD হইতে প্রতিফলনের ফলে বাতিটির যে-প্রতিবিম্ব গঠিত হয় উহার বর্ণ লাল (চিত্র 231)।

402. অভিসরণ-বিন্দুটি উহার পূর্ববর্তী অবস্থান হইতে দূরে সরিয়া যাইবে। ইহার কারণ এই যে, কোন আলোক-রশ্মি একটি আয়তাকার কাচের ফলকের উপর তির্যগ্‌ভাবে আপতিত হইলে উহার দুই পৃষ্ঠে প্রতিসৃত হইবার পর কিছুটা পার্শ্ব-সরণ (lateral shift) লইয়া নিষ্ক্রান্ত হয়। এক্ষেত্রে, আপতিত রশ্মি পরস্পর সমান হয়। 232 নং চিত্রে দুইটি আলোক-রশ্মির গতিপথ অঙ্কন করিয়া অভিসরণ বিন্দুটির সরণ দেখান হইয়াছে। কাচের ফলকটির উপর না পড়িলে AB এবং CD রশ্মিদ্বয় P বিন্দুতে আসিয়া মিলিত হইত। কিন্তু ফলকের মধ্য দিয়া যাইবার ফলে উক্ত রশ্মিদ্বয় পার্শ্বসরণ লইয়া নিষ্ক্রান্ত হয়। ইহার ফলে AB রশ্মিটি EP′ পথে এবং CD রশ্মিটি FP′ পথে অগ্রসর হইয়া P′ বিন্দুতে মিলিত হয়। ফলে, অভিসরণ-বিন্দুটির সরণ=PP′।

চিত্র 232

403. কোন মাধ্যমের পরম প্রতিসরাঙ্ক হইল শূন্যস্থানে আলোর গতিবেগ (c) এবং আলোচ্য মাধ্যমে আলোর গতিবেগ (v)-এর অনুপাত। অর্থাৎ,

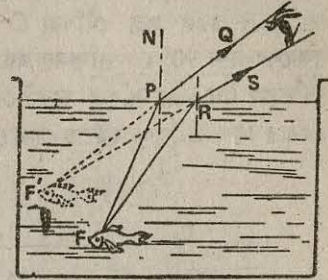
$$\text{কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক, } \mu = \frac{\text{শূন্যস্থানে আলোর গতিবেগ } (c)}{\text{আলোচ্য মাধ্যমে আলোর গতিবেগ } (v)}$$

আমরা জানি যে, শূন্যস্থানেই আলোর গতিবেগ সর্বাপেক্ষা বেশি। কোন মাধ্যমেই আলোর গতিবেগ তদপেক্ষা বেশি হইতে পারে না। অর্থাৎ, সকল মাধ্যমের ক্ষেত্রেই $v < c$ বা, $\frac{c}{v} > 1$ হইবে। কাজেই, সকল মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কই 1 অপেক্ষা বেশি হইবে।

404. মনে করি, জলাশয়ের পাশে দণ্ডায়মান দর্শকের চোখের অবস্থান E (চিত্র 233)। P, O এবং R ঐ জলাশয়ের তলদেশের তিনটি বিন্দু। ইহার মধ্যে P বিন্দুটি দর্শকের চোখ E-এর ঠিক নিচে অবস্থিত। কাজেই, P হইতে আগত যে-আলোক-রশ্মিগুলি দর্শকের চোখ E-তে পৌঁছায় জল ও বায়ুর তলদেশে উহাদের আপতন কোণ প্রায় শূন্য। এক্ষেত্রে দর্শকের চোখে P বিন্দুর আপাত অবস্থান P′। O হইতে আগত আলোক-রশ্মিগুলির মধ্যে যে-রশ্মিগুলি প্রতিসরণের পর দর্শকের চোখ E-তে পৌঁছিবে উহাদের আপতন কোণ পূর্বাপেক্ষা বেশি। কাজেই, P′, অপেক্ষা O′ বিন্দুকে অপেক্ষাকৃত বেশি উত্থিত মনে হইবে (কেননা, আমরা জানি যে, আপতন কোণের মান যত বেশি হইবে আপাত-উন্নতিও তত বেশি হইবে)।

চিত্র 233

R হইতে আগত যে-সকল আলোক-রশ্মি প্রতিসরণের পর দর্শকের চোখে পৌঁছায় উহাদের ক্ষেত্রে আপতন কোণ আরও বেশি বলিয়া দর্শকের চোখে R বিন্দুর প্রতিবিম্বের অবস্থান O′ অপেক্ষা উত্থিত দেখিবে। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, দর্শকের চোখ হইতে জলাশয়ের তলদেশের যে-বিন্দুর দূরত্ব যত বেশি সেই বিন্দুর আপাত-অবস্থান তত উপরে বলিয়া মনে হয়। অর্থাৎ, জলাশয়ের তলদেশকে দূরের দিকে বাঁকাভাবে উপরে উঠিয়া যাইতে দেখা যায়।

405. মনে করি, কোন জলাশয়ে F অবস্থানে একটি মাছ রহিয়াছে (চিত্র 234)। F বিন্দু হইতে আগত একটি আলোক-রশ্মি FP জলাশয়ের উপরিতলে (জল এবং বায়ুর বিভেদতলে) P বিন্দুতে আপতিত হইয়া অভিলম্ব PN হইতে দূরে সরিয়া যায় এবং PQ পথে অগ্রসর হইয়া দর্শকের চোখে পড়ে। অনুরূপভাবে, P বিন্দু হইতে আগত অপর একটি রশ্মি FR জল ও বায়ুর বিভেদতলে R বিন্দুতে আপতিত

হইয়া প্রতিসরণের পর RS পথে অগ্রসর হইয়া দর্শকের চোখে প্রবেশ করে। QP এবং SR রেখাদ্বয়কে বিবর্ধিত করিলে উহারা F′ বিন্দুতে মিলিত হয়। সুতরাং বলা যায় যে, F′ বিন্দুতে F বিন্দুটির একটি অসদ্বিম্ব গঠিত হইবে। অর্থাৎ, দর্শক মাছটিকে F অবস্থানে না দেখিয়া F′ অবস্থানে দেখিবে। ইহার তাৎপর্য এই যে, দর্শক মাছটিকে যে-অবস্থানে দেখিবে, মাছটির প্রকৃত অবস্থান উহা অপেক্ষা কিছুটা নিচে।

চিত্র 234

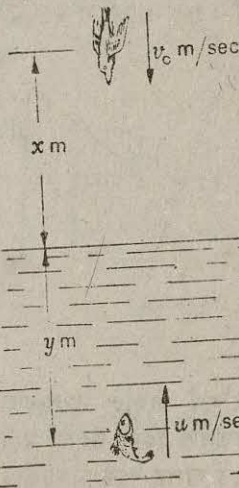
সুতরাং মাছটিকে গুলিবিদ্ধ করিতে হইলে মাছের আপাত অবস্থানের কিছুটা নিচে লক্ষ্য করিয়া গুলি ছুঁড়িতে হইবে।

406. মনে করি, কোন নির্দিষ্ট মুহূর্তে মাছরাঙা পাখিটি জলপৃষ্ঠ হইতে x m উপরে আছে এবং মাছটি জলপৃষ্ঠ হইতে y দূরত্ব নীচে আছে ((চিত্র 235)।

এই সময় মাছের সাপেক্ষে মাছরাঙা পাখির আপাত দূরত্ব,

$$d_1=(y+x\times\mu)\text{ m} \qquad \cdots \qquad (i)$$

এখানে μ হইল বায়ুর সাপেক্ষে জলের প্রতিসরাঙ্ক।

মনে করি, মাছরাঙার প্রকৃত বেগ $=v_0$ m/sec তাহা হইলে t sec পর মাছরাঙা পাখিটি জলপৃষ্ঠ হইতে $(x-v_0t)$ m উপরে থাকিবে। জলপৃষ্ঠের দিকে মাছের বেগ u m/sec বলিয়া t sec পর মাছটি জলপৃষ্ঠ হইতে $(y-ut)$ m নিচে থাকিবে।

কাজেই, t sec পর মাছটির সাপেক্ষে মাছরাঙা পাখির আপাত দূরত্ব

$$d_2=(y-ut)+(x-v_0t)\,\mu \quad \cdots \quad (ii)$$

$\therefore$ t sec সময়ে মাছটির সাপেক্ষে মাছরাঙা পাখিটির আপাত দূরত্ব হ্রাস পায় (d_1-d_2) m। কাজেই, মাছের সাপেক্ষে মাছরাঙার আপেক্ষিক বেগ $\frac{(d_1-d_2)}{t}$m/sec। প্রশ্নানুসারে,

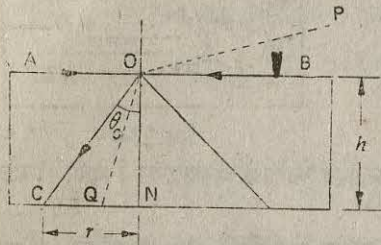
$$\frac{(d_1-d_2)}{t}=v \qquad \cdots \qquad (iii)$$

চিত্র 235

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে d_1 এবং d_2-এর মান বসাইয়া পাই,

$$u+v_0\mu=v$$

$$\text{বা,}\quad v_0=\frac{v-u}{\mu}\text{ m/sec}$$

407. দিগন্তরেখা হইতে আগত আলোক-রশ্মি (যেমন AO বা BO) সূচীছিদ্র ক্যামেরার তরল তল ঘেঁষিয়া O বিন্দুতে আপতিত হইল। এক্ষেত্রে আপতন কোণের মান 90°। প্রতিসরণের পর এই রশ্মি আপতন-বিন্দু O-তে অঙ্কিত অভিলম্ব ON-এর সহিত সংকট-কোণ করিয়া অগ্রসর হইবে। এইরূপভাবে দিগন্ত-রেখার বিভিন্ন বিন্দু হইতে আগত আলোক-রশ্মি সূচীছিদ্র ক্যামেরার গ্রাহক-পর্দার উপর CN-ব্যাসার্ধের বৃত্তের পরিধির বিভিন্ন বিন্দুতে আসিয়া পড়িবে। দিগন্ত-রেখার উপরে আকাশের কোন স্থান হইতে আগত কোন আলোক-রশ্মি (যেমন OP) O বিন্দুতে প্রতিসৃত হইয়া CN ব্যাসার্ধ-বৃত্তের মধ্যবর্তী কোন স্থান Q-তে গিয়া পড়িবে। কাজেই, বুঝা যাইতেছে যে, আলোচ্য সূচীছিদ্র ক্যামেরায় আকাশের প্রতিকৃতি CN ব্যাসার্ধের বৃত্ত হইবে।

চিত্র 236

এখন, $\sin \theta_c = \dfrac{CN}{CO} = \dfrac{CN}{\sqrt{(CN)^2+(NO)^2}}$

প্রশ্নানুসারে, $CN=r$ এবং $NO=h$ বলিয়া

$$\sin \theta_c = \frac{r}{\sqrt{r^2+h^2}} \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

আবার, তরলের প্রতিসরাঙ্ক μ হইলে লেখা যায় যে,

$$\sin \theta_c = \frac{1}{\mu} \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$\mu = \sqrt{\frac{r^2+h^2}{r}}$$

$$\text{বা,}\quad \mu = \sqrt{1+\left(\frac{h}{r}\right)^2}$$

408. মনে করি, একটি আলোক-রশ্মি AB t-বেধবিশিষ্ট একটি সমান্তরাল কাচের ফলকের এক পৃষ্ঠে i কোণে আপতিত হইল এবং প্রতিসৃত হইয়া উহার মধ্য দিয়া BC পথে অগ্রসর হইল (চিত্র 237)। BC রশ্মি ফলকের অপর পৃষ্ঠে আপতিত হইয়া CD পথে AB রশ্মির সমান্তরালভাবে বাহির হইয়া আসিল। চিত্রানুসারে, AB আলোক-রশ্মির পার্শ্বীয় সরণ (d) EC-এর সমান।

$$\therefore \text{ পার্শ্বীয় সরণ, } d = EC$$

$$= BC \sin(i-r) \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

আবার, $BC = t/\cos r$ ... (ii)

কাজেই, $d = t \sin (i-r)/\cos r$

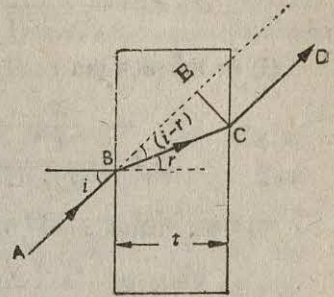
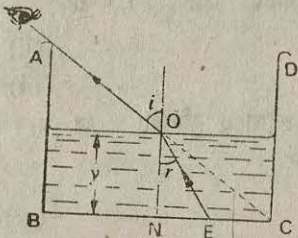
$$= \frac{t}{\cos r}\left[\sin i \cos r - \cos i \sin r\right]$$

$$= t\left(\sin i - \frac{\cos i \sin r}{\sqrt{1-\sin^2 r}}\right) \cdots \text{(iii)}$$

কিন্তু, আমরা জানি যে, $\sin r = \dfrac{\sin i}{n}$ ... (iv)

এখানে n হইলে ফলকের উপাদানের (কাচের) প্রতিসরাঙ্ক। (iv) নং সমীকরণ হইতে $\sin r$-এর মান বসাইয়া সমীকরণ (iii) হইতে পাই,

চিত্র 237

$$d = t\left[\sin i - \frac{\cos i . \frac{\sin i}{n}}{\sqrt{1-\frac{\sin^2 i}{n^2}}}\right] = t \sin i\left[1 - \frac{\cos i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}\right]$$

409. ধরি, জলের ন্যূনতম উচ্চতা y হইলে দর্শক E বিন্দুতে অবস্থিত বস্তুটিকে দেখিতে পায় (চিত্র 238)। O বিন্দুতে আপতন কোণ $i=45°$ বলিয়া ON এবং NC পরস্পর সমান হইবে। 238 নং চিত্র হইতে পাই,

চিত্র 238

$$NE = NC - EC$$

$$y - x = y \tan r$$

$$\text{বা,} \quad y = \frac{x}{1-\tan r} \quad \cdots \text{(i)}$$

জলের প্রতিসরাঙ্ক μ হইলে লেখা যায়,

$$\sin r = \frac{\sin i}{\mu}$$

এখন, $i=45°$ বলিয়া $\sin i = \dfrac{1}{\sqrt{2}}$

$$\therefore \quad \sin r = \frac{1}{\sqrt{2}\,\mu} \quad \cdots \text{(ii)}$$

$$\text{কাজেই,} \quad \tan r = \frac{\sin r}{\cos r} = \frac{\sin r}{\sqrt{1-\sin^2 r}} \quad \cdots \text{(iii)}$$

(ii) এবং (iii) হইতে পাই,

$$\tan r = \frac{1}{\sqrt{2\mu^2-1}} \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

(i) নং সমীকরণে tan r-এর এই মান বসাইয়া পাই,

$$Y = \frac{x}{1-\frac{1}{\sqrt{2\mu^2-1}}} = \frac{x\sqrt{2\mu^2-1}}{\sqrt{2\mu^2-1}-1}$$

ঘনকাকার পাত্রটির প্রতিটি বাহুর ক্ষেত্রফল a বলিয়া জলের আয়তন

$$V = a^2y = \frac{a^2x\sqrt{2\mu^2-1}}{\sqrt{2\mu^2-1}-1}$$

410. মনে করি, PQ রশ্মিটি ABC প্রিজ্‌মের AB পৃষ্ঠ ঘেঁষিয়া Q বিন্দুতে আপতিত হইয়া প্রিজ্‌মের মধ্য দিয়া QR পথে অগ্রসর হইল এবং AC পৃষ্ঠে R বিন্দুতে আপতিত হইয়া RS অভিমুখে প্রিজ্‌ম হইতে নিষ্ক্রান্ত হইল (চিত্র 239)।

চিত্র 239

প্রশ্নের শর্তানুসারে, RS রশ্মিটি AC পৃষ্ঠের সহিত β কোণে আনত।

প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক μ হইলে 239নং চিত্রানুসারে লেখা যায়,

$$\mu = \frac{\sin(90°-\beta)}{\sin r'} = \frac{\cos\beta}{\sin r'} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

কিন্তু, আমরা জানি যে, প্রিজ্‌মের প্রতিসরাঙ্ক কোণ, $\alpha = r + r'$ $\cdots$ (ii)

কাজেই, $r' = (\alpha - r)$ $\cdots$ (iii)

আবার, PQ রশ্মিটি AB পৃষ্ঠ ঘেঁষিয়া আপতিত হইয়াছে বলিয়া r-এর মান সঙ্কট কোণ (critical angle) c-এর সমান। সুতরাং,

$$\sin r = \sin c = \frac{1}{\mu} \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

(i) এবং (iii) নং সমীকরণ হইতে লেখা যায়,

$$\mu = \frac{\cos\beta}{\sin(\alpha - r)} = \frac{\cos\beta}{\sin(\alpha - c)} \quad [\because r = c]$$

বা, $$\mu = \frac{\cos\beta}{\sin\alpha\cos c - \cos\alpha\sin c} = \frac{\cos\beta}{\sin\alpha\sqrt{1-\sin^2 c} - \cos\alpha\sin c}$$

$$= \frac{\cos\beta}{\sin\alpha\sqrt{1-\frac{1}{\mu^2}} - \cos\alpha\cdot\frac{1}{\mu}}$$

বা, $\sin\alpha\sqrt{\mu^2-1} - \cos\alpha = \cos\beta$

বা, $\sqrt{\mu^2-1}=\frac{\cos\alpha+\cos\beta}{\sin\alpha}$ বা, $\mu^2=1+\frac{(\cos\alpha+\cos\beta)^2}{\sin^2\alpha}$

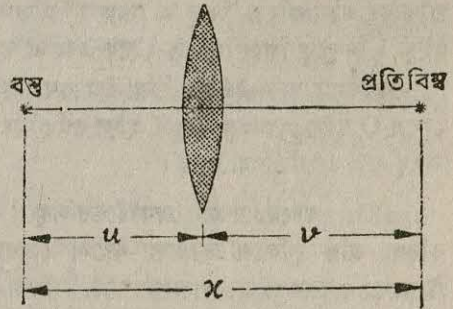
বা, $\mu=\frac{(1+2\cos\beta\cos\alpha+\cos^2\beta)^{\frac{1}{2}}}{\sin\alpha}$

411. কেবলমাত্র সদ্‌বিম্ব-গঠনের ক্ষেত্রেই উত্তল লেন্স-কর্তৃক গঠিত প্রতিবিম্ব অবশীর্ষ (inverted) হয়। বস্তু-দূরত্ব ফোকাস-দূরত্ব অপেক্ষা বেশি হইলে উত্তল লেন্স-কর্তৃক গঠিত প্রতিবিম্ব সদ্ এবং অবশীর্ষ হইবে। এই অবশীর্ষ প্রতিবিম্ব বস্তু অপেক্ষা বৃহত্তরও হইতে পারে, ক্ষুদ্রতরও হইতে পারে। বস্তু-দূরত্ব যদি উত্তল-লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের দ্বিগুণ অপেক্ষা বেশি হয় তাহা হইলে গঠিত প্রতিবিম্ব অবশীর্ষ এবং বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হইবে।

উত্তল-লেন্স-কর্তৃক গঠিত প্রতিবিম্ব অসদ্ হইলে উহা সমশীর্ষ (erect) হয়। বস্তু-দূরত্ব যদি লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব অপেক্ষা কম হয় তাহা হইলে প্রতিবিম্ব সমশীর্ষ হয়। কিন্তু এক্ষেত্রে সর্বদাই বস্তু-দূরত্ব অপেক্ষা প্রতিবিম্ব দূরত্ব বেশি হয় অর্থাৎ এক্ষেত্রে বিবর্ধন এক অপেক্ষা বেশি হয়। সুতরাং সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, উত্তল লেন্স-কর্তৃক গঠিত কোন প্রতিবিম্ব বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্র এবং সমশীর্ষ হইতে পারে না।

412. চোখের কর্ণিয়া এবং অক্ষিলেন্স যুক্তভাবে অভিসারী লেন্সরূপে ক্রিয়া করিয়া রেটিনা বা অক্ষিপটে লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন করে। প্রশ্নের শর্তানুসারে, বায়ুতে এবং জলের নীচে চোখের ফোকাস-দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং, দূরবর্তী বস্তু হইতে আগত আলোক-রশ্মিগুচ্ছ (অর্থাৎ, সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ) কর্ণিয়ার সম্মুখ-পৃষ্ঠে প্রতিসৃত হয় না। সুতরাং, বলা যায় যে, আলোচ্য কাল্পনিক প্রাণীর চোখের কর্ণিয়ার সম্মুখ-পৃষ্ঠটি সমতল।

413. মনে করি, লেন্স হইতে বস্তুটির দূরত্ব u এবং সদ্‌বিম্বের দূরত্ব v। প্রতিবিম্বটি সদ্ বলিয়া বস্তু ও প্রতিবিম্ব লেন্সের দুই বিপরীত দিকে থাকিবে, (চিত্র 240)।

বস্তু প্রতিবিম্ব u v x

চিত্র 240

$\therefore$ বস্তু ও, প্রতিবিম্বের দূরত্ব, $x=u+v$ ... (i)

আমরা জানি যে, সদ্‌বিম্বের ক্ষেত্রে u এবং v-এর সম্পর্ক নিম্নরূপ—

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f} \qquad \text{... (ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $\frac{1}{x-v}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$

$$বা, \quad \frac{v+x-v}{v\,(x-v)}=\frac{1}{f}$$

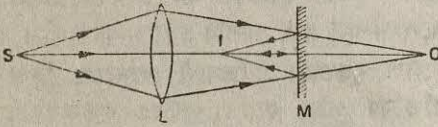
বা, $xf=vx-v^2$ বা, $v^2-vx+fx=0$

ইহা v-এর একটি দ্বিঘাত সমীকরণ। ইহার বীজ (roots) দুইটি, যথা—

$v_1=\frac{1}{2}\,[x+\sqrt{x^2-4fx}]$ এবং $v_2=\frac{1}{2}\,[x-\sqrt{x^2-4fx}]$

স্পষ্টতই, $x^2 \geqslant 4fx$ হইলে তবেই v-এর বাস্তব মান পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ, v-এর বাস্তব মান পাইতে হইলে $x \geqslant 4f$ হইবে।

সুতরাং, বস্তু-ও উত্তল লেন্স-কর্তৃক গঠিত সদ্‌বিম্বের মধ্যবর্তী দূরত্বের সর্বনিম্ন মান লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের চার গুণের সমান।

414. লক্ষ্যবস্তু বাস্তব (real) হইলে সমতল দর্পণ-কর্তৃক গঠিত প্রতিবিম্ব সর্বদাই অসদ্ (virtual) হইবে। কিন্তু যদি লক্ষ্যবস্তু অসদ্ হয় তবে সমতল দর্পণ সদ্‌বিম্ব গঠন করে। 241 নং চিত্রের সাহায্যে সমতল দর্পণ-কর্তৃক সদ্‌বিম্বের গঠন দেখান হইয়াছে। ধরি, S একটি আলোক-উৎস। উহা হইতে নিঃসৃত অপসারী আলোক-রশ্মিগুচ্ছ লেন্স L-এর উপর আপতিত হইয়া প্রতিসৃত হইবার পর O বিন্দুগামী অভিসারী রশ্মি-গুচ্ছে পরিণত হয়। লেন্স L এবং লেন্স-কর্তৃক গঠিত S-এর প্রতিবিম্ব O-এর মাঝামাঝি একটি সমতল দর্পণ M স্থাপন করা হইল। সমতল দর্পণ M না থাকিলে অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ O বিন্দুতে মিলিত হইয়া ঐ স্থানে S-এর প্রতিবিম্ব গঠন করিত, কিন্তু M থাকায় অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ উহার দ্বারা প্রতিসৃত হইয়া I বিন্দুতে গিয়া মিলিত হইবে এবং ঐ স্থানে S-এর প্রতিবিম্ব গঠন করিবে।

চিত্র 241

কেবলমাত্র দর্পণ M-এর ক্রিয়া বিবেচনা করিলে বলা যায় যে, এই দর্পণের ক্ষেত্রে O হইল লক্ষ্যবস্তু এবং I হইল প্রতিবিম্ব। লক্ষণীয় যে, এক্ষেত্রে O লক্ষ্যবস্তুটি অসদ্ এবং I প্রতিবিম্বটি সদ্।

415. ক্যামেরায় অব্‌জেকটিভের সম্মুখে কালো ডোরাকাটা কাচের প্লেট স্থাপন করিয়া ছবি তুলিলে ছবিতে কালো ডোরা দেখা যাইবে না। কোন লেন্স-এর উন্মেষের একাংশ অস্বচ্ছ পদার্থের দ্বারা ঢাকিয়া দিলে ঐ অংশের মধ্য দিয়া প্রতিবিম্বে কোন আলো যাইতে পারে না, কিন্তু লেন্সের উন্মেষের যে-অংশ উন্মুক্ত সেই অংশের মধ্য দিয়া প্রতিবিম্বে আলো যায়। অর্থাৎ, সম্পূর্ণ উন্মেষের মধ্য দিয়া আলো না প্রবেশ করিয়া ইহার একাংশের মধ্য দিয়া আলো প্রবেশ করিলে প্রতিবিম্বের দীপন-মাত্রা (illumination) কমিয়া যায়, কিন্তু প্রতিবিম্বের প্রকৃতির কোন পার্থক্য হয় না। কাজেই, ক্যামেরার অবজেকটিভের সম্মুখে ডোরাকাটা কাচের প্লেট স্থাপন করিয়া সাদা গাধাকে ফোকাস করিলে ফটোগ্রাফিক ফিল্মে গাধার ছবিই পাওয়া যাইবে, কালো ডোরাকাটা জেব্রার ছবি পাওয়া যাইবে না। কালো ডোরাকাটা কাচের

প্লেটটি লেন্স এর সম্মুখে স্থাপন করিবার দরুন প্রতিবিম্ব-তল (image plane)-এর বিভিন্ন স্থানের দীপনমাত্রা কমিয়া যাইবে।

416. আমরা জানি যে, কোন লেন্সের দুই পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ যথাক্রমে r_1 এবং r_2 হইলে উহার ফোকাস-দূরত্ব f নিম্নের সমীকরণ হইতে পাওয়া যায়

$$\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right) \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

বিভিন্ন পদার্থের প্রতিসরাঙ্ক μ বিভিন্ন। কাজেই, উভয় পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ এক হইলেও বিভিন্ন পদার্থ দ্বারা গঠিত লেন্সের প্রতিসরাঙ্ক এক হয় না। সুতরাং দুইটি ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের স্তর দ্বারা গঠিত লেন্সটির কার্যত দুইটি ফোকাস-দূরত্ব আছে এইরূপ মনে করা যায়। লেন্স-কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠনের ক্ষেত্রে বস্তু-দূরত্ব (u) অভিন্ন থাকিলে প্রতিবিম্ব-দূরত্ব (v) ফোকাস-দূরত্ব f-এর মানের উপর নির্ভর করে। আলোচ্য স্তর-বিশিষ্ট লেন্সটির দুইটি ফোকাস-দূরত্ব আছে বলিয়া এক্ষেত্রে উহার অক্ষস্থিত কোন বস্তুর দুইটি প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে।

417. (i) আপতিত আলোর বর্ণ বা তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য পরিবর্তিত হইলে লেন্সের ফোকাস-দূরত্বও পরিবর্তিত হয়। আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য যত বেশি হইবে লেন্সের মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক তত কম হইবে। μ প্রতিসরাঙ্কবিশিষ্ট কোন মাধ্যমের তৈয়ারী কোন ক্ষীণবেধ লেন্সের প্রথম ও দ্বিতীয় পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ যথাক্রমে r_1 এবং r_2 হইলে লেখা যায়,

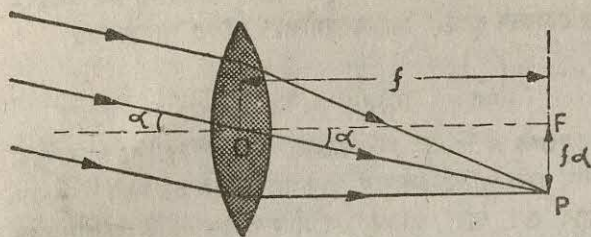
$$\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right) \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক যতো কমে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব ততো বৃদ্ধি পায়। সুতরাং, আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য যতো বেশি হইবে লেন্সের ফোকাস-দূরত্বও ততো বৃদ্ধি পায়।

(ii) যে-মাধ্যম লেন্সটিকে ঘিরিয়া রাখিয়াছে উহার প্রতিসরাঙ্ক পরিবর্তিত হইলে এই মাধ্যমের সাপেক্ষে লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক পরিবর্তিত হয়। ফলে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব বদলায়।

মনে করি, কোন লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক μ এবং যে-মাধ্যমে উহাকে রাখা হইয়াছে উহার প্রতিসরাঙ্ক (μ_1)। এখন $\mu > \mu_1$ হইলে μ_1-এর বৃদ্ধির সহিত লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে। $\mu=\mu_1$ হইলে ফোকাস-দূরত্ব অসীম হইবে। ইহার পর μ_1-এর মান আরও বৃদ্ধি পাইলে (অর্থাৎ, $\mu < \mu_1$ হইলে) μ_1-এর বৃদ্ধির সহিত ফোকাস-দূরত্ব f-এর মান পুনরায় কমিতে থাকিবে। তবে, এক্ষেত্রে যে f-এর চিহ্ন উহার পূর্বের চিহ্নের বিপরীতমুখী হইবে। অর্থাৎ, $\mu > \mu_1$ হইলে যে-লেন্স অভিসারী লেন্স (converging lens)-এর ন্যায় ক্রিয়া করে $\mu < \mu_1$ হইলে সেই লেন্স অপসারী লেন্সের ন্যায় ক্রিয়া করে। (এ প্রসঙ্গে 423 নং প্রশ্নের উত্তরটি দ্রষ্টব্য)।

418. মনে করি, চন্দ্রের কৌণিক ব্যাসার্ধ (angular radius)=α

লেন্স হইতে চন্দ্রের দূরত্ব কার্যত অসীম বলিয়া চন্দ্রের প্রতিবিম্বটি লেন্সের ফোকাস-তলে গঠিত হইবে (চিত্র 242)। ধরা যাক, লেন্সের প্রধান অক্ষটি চন্দ্রের কেন্দ্র দিয়া গিয়াছে। সুতরাং, গোলাকার চন্দ্রের কেন্দ্রের প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে প্রধান মুখ্য ফোকাস F বিন্দুতে। চন্দ্রের কৌণিক ব্যাসার্ধ α বলিয়া গোলাকার চন্দ্রের পরিধিস্থ কোন বিন্দু হইতে আগত সমান্তরাল আলোক-রশ্মি লেন্সের প্রধান অক্ষের সহিত α কোণ করে।

চিত্র 242

242 নং চিত্রানুসারে, চন্দ্রের প্রতিবিম্বের ব্যাসার্ধ, r=FP

$=f \tan \alpha = f\alpha$ (α ক্ষুদ্র বলিয়া)

সুতরাং, চন্দ্রের প্রতিবিম্বের ক্ষেত্রফল, $S=\pi r^2=\pi\,(f\alpha)^2=\pi\alpha^2 f^2$

π এবং α ধ্রুবক বলিয়া লেখা যায় যে, $S \propto f^2$

লেন্সের উন্মেষ (aperture)-এর কোন অংশ যদি কালো কাগজ দ্বারা ঢাকা থাকে তাহা হইলে প্রতিবিম্বের আকার বা আকৃতির কোনরূপ পরিবর্তন হইবে না, কেননা, লেন্সের একটি অংশ দ্বারাও সম্পূর্ণ চন্দ্রের প্রতিবিম্ব গঠিত হইতে পারে। তবে, উন্মেষের একাংশ কালো কাগজে আচ্ছাদিত করিলে চন্দ্রের প্রতিবিম্বের দীপনমাত্রা হ্রাস পাইবে।

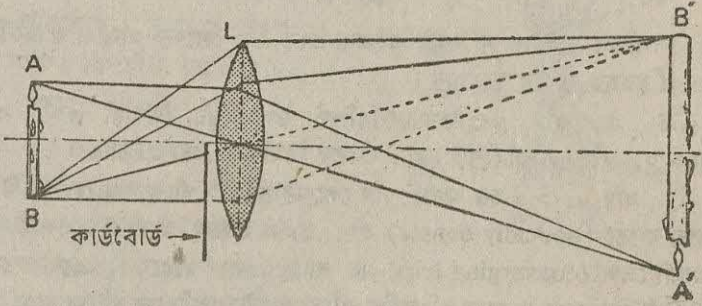
419. ক্যামেরা লেন্স ফটোগ্রাফিক প্লেটে লক্ষ্যবস্তুর সদ্‌বিম্ব গঠন করে। আমরা জানি যে, সদ্‌বিম্বের ক্ষেত্রে লেন্স হইতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব বৃদ্ধি পাইলে প্রতিবিম্ব-দূরত্ব হ্রাস পায়। কাজেই নিকটবর্তী কোন ব্যক্তির ছবি তুলিবার সময় ক্যামেরার লেন্স ও পর্দাকে যে-দূরত্বে রাখিতে হইবে, আকাশে ভাসমান মেঘের ছবি তুলিবার সময় লেন্স ও পর্দার দূরত্ব তদপেক্ষা কম হইবে। অর্থাৎ, মেঘের ছবি তুলিবার সময় লেন্স ও পর্দার দূরত্ব কমাইয়া লইতে হইবে।

420. আমরা জানি যে, কোন পাতলা লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব (f) নিম্নের সমীকরণ হইতে পাওয়া যায়,

$$\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right) \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এখানে r_1 এবং r_2 হইল যথাক্রমে লেন্সটির প্রথম এবং দ্বিতীয় পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ এবং μ হইল ব্যবহৃত আলোর ক্ষেত্রে লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক। সমীকরণ (i) হইতে দেখা যাইতেছে যে, μ-এর মান বৃদ্ধি পাইলে f-এর মান হ্রাস পায় এবং μ-র মান হ্রাস পাইলে f-এর মান বৃদ্ধি পায়। আবার আমরা জানি যে, আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য বাড়িলে সাধারণত মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক হ্রাস পায়। লাল আলোর

তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য নীল আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বড়। কাজেই, লাল আলোর ক্ষেত্রে লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক (μ) নীল আলোর ক্ষেত্রে ইহার প্রতিসরাঙ্কের মান অপেক্ষা কম। সুতরাং, নীল আলো ব্যবহার করিয়া কোন উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব মাপিলে উহার যে-মান পাওয়া যাইবে লাল আলো ব্যবহার করিয়া মাপিলে লেন্সটির ফোকাস-দূরত্ব তদপেক্ষা বেশি হইবে।

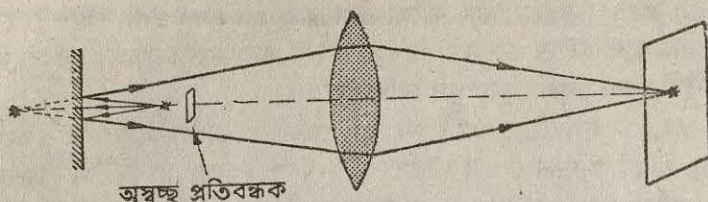
421. 243 নং চিত্রে আলোক-রশ্মির পথনির্দেশ করিয়া L লেন্সের সাহায্যে AB বস্তুটির প্রতিবিম্ব গঠন দেখান হইয়াছে। A-বিন্দু হইতে অপসারী আলোক-রশ্মিগুচ্ছ শঙ্কুর আকারে আসিয়া লেন্স L-এর উন্মেষের উপর পড়ে এবং লেন্স-কর্তৃক প্রতিসৃত

চিত্র 243

হইয়া পর্দার A′ বিন্দুতে মিলিত হইয়া ঐ বিন্দুতে A বিন্দুর সদ্‌বিম্ব গঠন করে। অনুরূপভাবে, B-বিন্দু হইতে নিঃসৃত অপসারী আলোক-রশ্মিগুচ্ছ লেন্স-কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া পর্দায় B′ বিন্দুতে প্রতিবিম্ব গঠন করে।

লক্ষণীয় যে, যখন অস্বচ্ছ কার্ডবোর্ডের সাহায্যে লেন্সের উন্মেষের অর্ধেক ঢাকিয়া দেওয়া হয় তখনও পর্দায় AB বস্তুটির পূর্ণাঙ্গ প্রতিবিম্বই গঠিত হয়। ইহার কারণ এই যে, অস্বচ্ছ কার্ডবোর্ডের পর্দা A বিন্দু হইতে অপসারী আলোক-শঙ্কুর অর্ধাংশকে আটকাইয়া দিলেও ঐ আলোক-শঙ্কুর অপর অর্ধাংশ লেন্সের মধ্য দিয়া যায় এবং পূর্বের ন্যায় A′ বিন্দুতে A বিন্দুর প্রতিবিম্ব গঠন করে। অনুরূপভাবে, B-বিন্দু হইতে অপসারী আলোক-শঙ্কুর এক অর্ধাংশ কার্ডবোর্ড-কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইলেও ইহার অপর অর্ধাংশ উন্মেষের অনাবৃত অংশের মধ্য দিয়া গিয়া B′ বিন্দুর প্রতিবিম্ব গঠন করিবে।

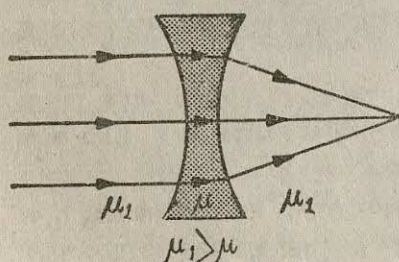
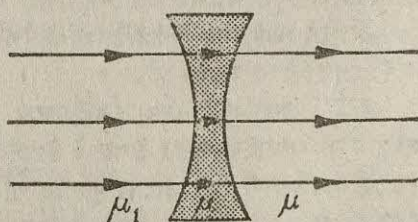
এক্ষেত্রে AB বস্তুর পূর্ণাঙ্গ প্রতিবিম্ব গঠিত হইলেও এই প্রতিবিম্বের ঔজ্জ্বল্য পূর্বের প্রতিবিম্বের অর্ধেক হইবে।

422. স্পষ্টতই দেখা যাইতেছে যে, লেন্স, পর্দা বা আলোক-উৎসের অবস্থান না বদলাইয়া পর্দার উপর ঐ উৎসের প্রতিবিম্ব গঠন করিতে হইলে সহজ উপায়ে কার্যত পর্দা এবং উৎসের দূরত্বের পরিবর্তন করিতে হইবে। একটি সমতল দর্পণের সাহায্যে সহজেই ইহা করা যায়। উৎসের পিছনে একটি সমতল দর্পণ রাখিলে ঐ দর্পণে উৎসের প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে। পর্দা এবং উৎসের দূরত্ব $4f$ অপেক্ষা কম হইলেও সমতল দর্পণের সাহায্যে গঠিত উৎসের প্রতিবিম্ব এবং পর্দার মধ্যবর্তী দূরত্ব $4f$ অপেক্ষা বেশি হইতে পারে। সমতল দর্পণকে উপযুক্ত দূরত্বে

রাখিলে পর্দার উপর দর্পণ-কর্তৃক-গঠিত অসদ্‌বিম্বের একটি সদ্‌-প্রতিবিম্ব গঠিত হইতে পারে (চিত্র 244)। উৎস হইতে সরাসরি কোন আলো আসিয়া যাহাতে লেন্সের

চিত্র 244

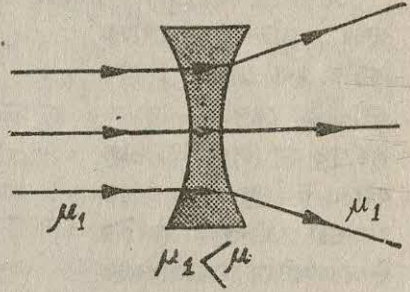
উপর আপতিত হইতে না পারে এইজন্য উৎস এবং লেন্সের মাঝামাঝি একটি ক্ষুদ্র অস্বচ্ছ প্রতিবন্ধক স্থাপন করা যায়।

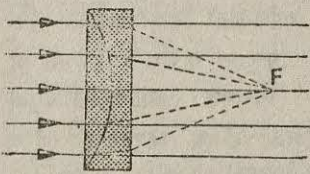
423. মনে করি, μ-প্রতিসরাঙ্কবিশিষ্ট উপাদানের তৈয়ারী একটি অবতল লেন্সকে μ_1 প্রতিসরাঙ্কবিশিষ্ট কোন মাধ্যমে নিমজ্জিত করা হইয়াছে।

(i) যদি $\mu_1 > \mu$ হয় অর্থাৎ, যদি লেন্সের চারিপার্শ্বের মাধ্যম লেন্সের উপাদান অপেক্ষা ঘনতর (optically denser) হয়, তাহা হইলে অবতল লেন্সটি একটি অভিসারী লেন্স (converging lens)-এর ন্যায় ক্রিয়া করিবে। এক্ষেত্রে লেন্সের প্রথম পৃষ্ঠে আপতিত আলোক-রশ্মিগুলি প্রতিসৃত হইয়া অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যায় (চিত্র 245), কেননা, এই সময় আলোক-রশ্মিগুলি ঘনতর মাধ্যম হইতে লঘুতর মাধ্যমের দিকে যাইতেছে। ইহাতে রশ্মিগুলি লেন্সের প্রধান অক্ষের দিকে ঝুঁকিয়া পড়ে। দ্বিতীয় পৃষ্ঠে প্রতিসরণের সময় আলোক-রশ্মিগুলি লঘুতর মাধ্যম হইতে ঘনতর মাধ্যমের দিকে যাইতেছে। কাজেই এক্ষেত্রে প্রতিসরণের পর রশ্মিগুলি অভিলম্বের দিকে বাঁকিয়া যায়। ইহাতে আলোক-রশ্মিগুলি প্রধান অক্ষের দিকে আরও ঝুঁকিয়া পড়ে।

চিত্র 245

(ii) যখন $\mu_1 = \mu$, অর্থাৎ যখন লেন্সের উপাদানের আলোক-ঘনত্ব (optical density) এবং ইহার চারিপার্শ্বের মাধ্যমের ঘনত্ব সমান তখন লেন্সের উপর আপতিত সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের মধ্য দিয়া যাইবার সময় কোনরূপ দিক-পরিবর্তন করে না (চিত্র 246)। এক্ষেত্রে লেন্স

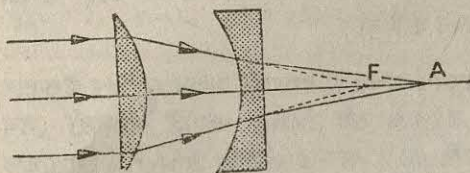
চিত্র 246

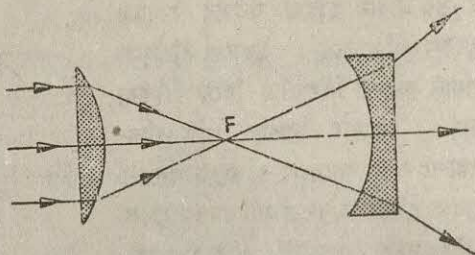
এবং উহার চারিপার্শ্বের মাধ্যম কার্যত একই মাধ্যমের ন্যায় আচরণ করে বলিয়া ইহাদের বিভেদতলে আলোর প্রতিসরণ ঘটে না।

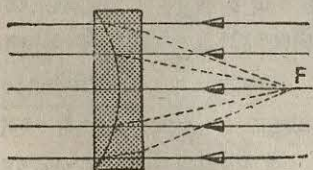
(iii) যখন $\mu_1 < \mu$, অর্থাৎ যখন লেন্সের চারিপার্শ্বের মাধ্যম লেন্সের উপাদান অপেক্ষা লঘুতর (optically rarer) তখন অবতল লেন্সটি একটি অপসারী লেন্স (diverging lens)-এর ন্যায় ক্রিয়া করিবে। এক্ষেত্রে লেন্সের প্রথম পৃষ্ঠে আপতিত আলোক-রশ্মিগুচ্ছ প্রতিসৃত হইয়া অভিলম্বের দিকে সরিয়া আসে (চিত্র 247), কেননা, এই সময় আলোক-রশ্মিগুচ্ছ লঘুতর মাধ্যম হইতে ঘনতর মাধ্যমে প্রবেশ করিতেছে। ইহাতে রশ্মিগুচ্ছ প্রধান অক্ষের বিপরীত দিকে বাঁকিয়া যায়। লেন্সের দ্বিতীয় পৃষ্ঠে প্রতিসরণের সময় আলোক-রশ্মিগুচ্ছ ঘনতর মাধ্যম হইতে লঘুতর মাধ্যমের দিকে যাইতেছে। কাজেই এক্ষেত্রে প্রতিসরণের পর রশ্মিগুলি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যায়। ইহাতে আলোক-রশ্মিগুলি প্রধান অক্ষের বিপরীত দিকে আরও খানিকটা বাঁকিয়া যায়।

চিত্র 247

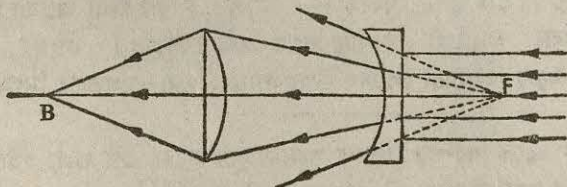
424. একটি সমান্তরাল আলোক-রশ্মিগুচ্ছ কোন সমান্তরাল প্লেটের উপর আপতিত হইলে এবং ইহার মধ্য দিয়া অন্তঃস্থিত হইলে ঐ রশ্মিগুচ্ছ সমান্তরালভাবেই বাহির হইয়া আসে। এইবার মনে করা যাক যে, প্লেটটিকে 212 a নং চিত্রের অনুরূপ দুইটি লেন্সের আকারে কাটিয়া লেন্সদ্বয়কে পরস্পর যুক্ত অবস্থাতেই রাখিয়া দেওয়া হইল (চিত্র 248)। এই অবস্থায় অভিসারী লেন্সের দিক হইতে একটি সমান্তরাল আলোক-রশ্মিগুচ্ছ আসিয়া উহার উপর আপতিত হইলে অভিসারী লেন্স-কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া ঐ রশ্মিগুচ্ছ উহার দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস F-এ মিলিত হইবার জন্য অগ্রসর হইবে। কিন্তু F-বিন্দুটি আবার অপসারী লেন্সটির প্রথম মুখ্য ফোকাস। কাজেই, এই বিন্দুর অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ অপসারী লেন্সের উপর পড়িয়া সমান্তরালভাবে নির্গত হয়।

চিত্র 248

যদি লেন্সদ্বয়কে পরস্পর হইতে সামান্য দূরে সরান হয় তাহা হইলে অভিসারী লেন্সের দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস F এবং অপসারী লেন্সটির প্রথম মুখ্য ফোকাস পরস্পর সমাপতিত হইবে না। এই সময় আলোচ্য লেন্স-সংস্থা হইতে নিষ্ক্রান্ত রশ্মিগুচ্ছ কীরূপ হইবে তাহা নির্ভর করিবে লেন্সদ্বয়ের পারস্পরিক দূরত্বের উপর। যদি

অপসারী লেন্সের ফোকাস F অপসারী লেন্সের পশ্চাতে অবস্থিত হয় তাহা হইলে F-বিন্দুগামী অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ অপসারী লেন্স-কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া F অপেক্ষা কিছুটা দূরে অপর কোন বিন্দু A-তে গিয়া মিলিত হইবে (চিত্র 249)।

চিত্র 249

লেন্সদ্বয়ের দূরত্ব যদি অভিসারী লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব অপেক্ষা বেশি হয়, অর্থাৎ অভিসারী লেন্সটির দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস F যদি অপসারী লেন্সটির সম্মুখে অবস্থিত হয় (চিত্র 250) তাহা হইলে F বিন্দু হইতে আগত অপসারী রশ্মিগুচ্ছ লেন্সটির উপর আপতিত হইয়া অধিকতর অপসৃত হইয়া নিষ্ক্রান্ত হয়।

চিত্র 250

এইবার অপসারী লেন্সের দিক হইতে আলোচ্য লেন্স-সংস্থার উপর সমান্তরাল আলোক-রশ্মিগুচ্ছ আপতিত হইলে কী হইবে তাহা বিবেচনা করা যাক। প্রথমে মনে করি যে, লেন্সদ্বয় পরস্পর যুক্ত অবস্থায় আছে। এই সময় অপসারী লেন্সের উপর সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ আপতিত হইলে এই রশ্মিগুচ্ছ অপসারী লেন্স-কর্তৃক অপসৃত হইয়া উহার দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস F বিন্দু হইতে আসিতেছে বলিয়া মনে হইবে (চিত্র 251)। অভিসারী লেন্সটির প্রথম মুখ্য ফোকাসটিও F বিন্দুতে অবস্থিত বলিয়া ঐ বিন্দু হইতে অপসৃত আলোক-রশ্মিগুচ্ছ অভিসারী লেন্সের উপর আপতিত হইলে উহার দ্বারা প্রতিসৃত হইয়া সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ রূপেই নিষ্ক্রান্ত হইবে।

চিত্র 251

এইবার লেন্স দুইটিকে পরস্পর হইতে কিছুটা দূরে সরান হইল। অপসারী

চিত্র 252

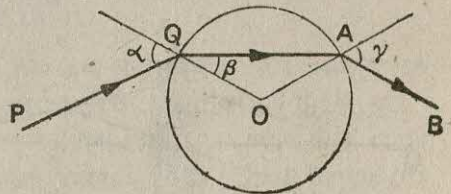
লেন্সের উপর আপতিত আলো লেন্স-কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া উহার দ্বিতীয় মুখ্য

ফোকাস F হইতে আসিতেছে বলিয়া মনে হইবে। এই লেন্স হইতে নিষ্ক্রান্ত অপসারী রশ্মিগুচ্ছ অভিসারী লেন্সের উপর আপতিত হয় (চিত্র 252)। অভিসারী লেন্স হইতে F বিন্দুটির দূরত্ব উহার ফোকাস-দূরত্ব অপেক্ষা বেশি বলিয়া আপতিত অপসারী রশ্মিগুচ্ছ অভিসারী লেন্স-কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া অভিসারী রশ্মিতে পরিণত হইবে এবং অক্ষাস্থিত কোন বিন্দু B-তে F-বিন্দুর প্রতিবিম্ব গঠন করিবে এবং ইহার পর পুনরায় ঐ বিন্দু হইতে অপসৃত হইবে। লক্ষণীয় যে, এক্ষেত্রে লেন্সদ্বয়ের দূরত্ব যাহাই হউক না কেন, অভিসারী লেন্স হইতে নিষ্ক্রান্ত আলোক-রশ্মিগুচ্ছ অভিসারী হইবে।

425. বাস্তবে এইচ. জি. ওয়েলসের কল্পনাপ্রসূত 'অদৃশ্য মানুষ'-এর অনুরূপ কোন মানুষের যদি অস্তিত্ব থাকিত তাহা হইলে তাহার পক্ষে কোন কিছু দেখা সম্ভব হইত না। নিম্নে ইহার কারণ ব্যাখ্যা করা হইল। কোন বস্তু সম্পূর্ণ স্বচ্ছ হইলে এবং ইহার প্রতিসরাঙ্ক পারিপার্শ্বিক মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের সমান হইলে বস্তুটি অদৃশ্য হইয়া যাইবে। কোন মানুষ যদি অদৃশ্য হয় তাহা হইলে তাহার দেহের প্রতিটি অংশের প্রতিসরাঙ্কই পারিপার্শ্বিক মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের সমান হইবে। কোন বস্তুকে দেখিতে হইলে রেটিনায় ঐ বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠিত হওয়া প্রয়োজন। অদৃশ্য মানুষের রেটিনা, অক্ষিলেন্স, অ্যাকুয়াস হিউমার, ভিট্রিয়াস হিউমার ইত্যাদির প্রতিসরাঙ্ক পারিপার্শ্বিক মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের সমান বলিয়া উহাদের দ্বারা আলোক-রশ্মি প্রতিসৃত হইবে না। ফলে রেটিনার উপর কোন বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে না। ইহা ছাড়া, অদৃশ্য ব্যক্তি সম্পূর্ণ স্বচ্ছ বলিয়া তাহার রেটিনায় কোন আলো শোষিত হইবে না। ফলে তাহার কোন দর্শনানুভূতিও জন্মিবে না।

426. মনে করি, PQ রশ্মিটি গোলকের Q বিন্দুতে প্রতিসৃত হইয়া QA পথে গোলকের মধ্য দিয়া গিয়া কাচ-বায়ুর বিভেদতলে A বিন্দুতে আপতিত হইয়াছে (চিত্র 253)।

চিত্র 253

মনে করি, PQ রশ্মিটি Q বিন্দুতে α-কোণে আপতিত হইয়াছে এবং β কোণে প্রতিফলিত হইয়াছে। কাজেই বায়ুর সাপেক্ষে গোলকের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক

$$_a\mu_g=\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

$\triangle AQO$ ত্রিভুজের OA এবং OQ বাহু সমান। কাজেই,

$$\angle OAQ = \angle OQA=\beta$$

অর্থাৎ, A বিন্দুতে QA রশ্মিটি β কোণে আপতিত হইয়াছে। এখন, PQ-রশ্মির আপতন কোণ α-এর মান 90° অপেক্ষা বেশি হইতে পারে না বলিয়া β-এর মান সঙ্কট কোণ, θ_c অপেক্ষা বেশি হইতে পারে না। কাজেই, A বিন্দুতে আলোক-

রশ্মির পূর্ণ প্রতিফলন সম্ভব নয়। আলোক-রশ্মির নিষ্ক্রমণ কোণ γ হইলে লেখা যায়, গোলকের উপাদানের সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক

$$ {}_g\mu_a = \frac{\sin \angle OAQ}{\sin \gamma} = \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} \qquad \cdots \quad \text{(ii)} $$

আমরা জানি, ${}_g\mu_a = \dfrac{1}{{}_a\mu_g}$

কাজেই, সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে লেখা যায়,

$$ \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} $$

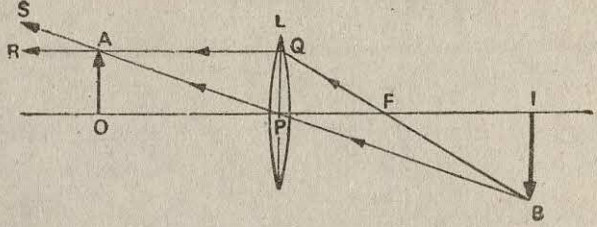
কাজেই, $\gamma = \alpha$

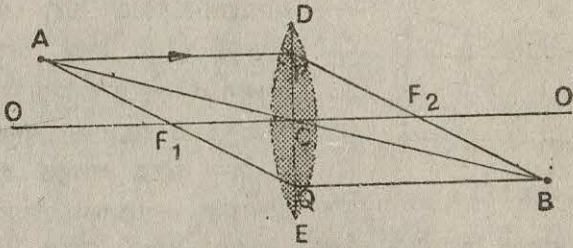
অর্থাৎ, এক্ষেত্রে আপতন কোণ α এবং নিষ্ক্রমণ কোণ γ পরস্পর সমান হইবে।

427. মনে করি, PQ রেখাটি লেন্সের অবস্থান নির্দেশ করিতেছে (চিত্র 254)। ইহা OO′ রেখাটিকে R বিন্দুতে ছেদ করিয়াছে। R বিন্দুটিই লেন্সের আলোক-কেন্দ্র। এইবার F বিন্দুর মধ্য দিয়া OO′ রেখার উপর একটি লম্ব আঁকা হইল। ইহা BC রেখাকে D বিন্দুতে ছেদ করিল। D এবং R-এর মধ্য দিয়া DRS রেখা অঙ্কন করা হইল। স্পষ্টতই, কোন আলোক-রশ্মি SR পথে লেন্সের মধ্য দিয়া গেলে উহা বিচ্যুত না হইয়া সোজাসুজি RD পথে গিয়া লেন্সের ফোকাস-তলকে D বিন্দুতে ছেদ করিবে। লেন্সের ধর্মানুসারে, SR রশ্মির সমান্তরাল সকল আলোক-রশ্মিই ফোকাস-তলকে D বিন্দুতে ছেদ করিবে। লেন্স হইতে নিষ্ক্রান্ত BC রশ্মিটি ও ফোকাস-তলের D বিন্দু দিয়া গিয়াছে। কাজেই, লেন্সে আপতিত হইবার পূর্বে ইহা SR রেখার সহিত সমান্তরালভাবে আসিতেছিল। সুতরাং SR রেখার সহিত সমান্তরালভাবে অঙ্কিত AB রেখাই লেন্সে আপতিত হইবার পূর্বে BC রশ্মির গতিপথ।

চিত্র 254

428. B এবং F বিন্দু দুইটিকে একটি সরলরেখার সাহায্যে যুক্ত কর। BF সরলরেখাটিকে বর্ধিত করা হইল (চিত্র 255)। এই বর্ধিত রেখাটি PL রেখাকে Q বিন্দুতে ছেদ করিল। Q বিন্দুর মধ্য দিয়া লেন্সের প্রধান অক্ষ PFI সরলরেখার সমান্তরালভাবে একটি সরলরেখা QR অঙ্কন করা হইল। এইবার, B এবং P

বিন্দুকে একটি সরলরেখার সাহায্যে যুক্ত করিয়া ঐ সংযোজী সরলরেখাটিকে বর্ধিত করা হইল। বর্ধিত BPS রেখা QR রেখার সহিত A বিন্দুতে ছেদ করিল। B বিন্দুতে বস্তুর যে-বিন্দুটির প্রতিবিম্ব গঠিত হইয়াছে A বিন্দুটি উহার অবস্থান নির্দেশ করিতেছে। A বিন্দু হইতে প্রধান অক্ষ PI-এর উপর অঙ্কিত লম্ব AO রেখাই বস্তুটির অবস্থান।

চিত্র 255

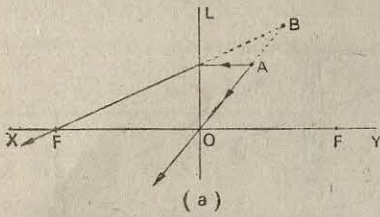
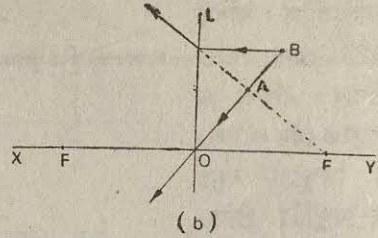
429. A বিন্দুটি প্রধান অক্ষের উপরে এবং B বিন্দুটি প্রধান অক্ষের নীচে

চিত্র 256

অবস্থিত বলিয়া বুঝা যাইতেছে যে, B বিন্দুটি A বিন্দুর সদ্বিম্ব (চিত্র 256)। কাজেই, লেন্সটি অপসারী লেন্স বা উত্তল লেন্স।

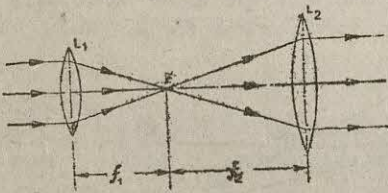
A এবং B বিন্দুর মধ্য দিয়া একটি সরলরেখা টানা হইল। ইহা প্রধান অক্ষকে C বিন্দুতে ছেদ করিল। C বিন্দুটি লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের অবস্থান নির্দেশ করে। C বিন্দুর মধ্য দিয়া OO′ রেখার উপর লম্ব টানা হইল। A হইতে OO′ রেখার সমান্তরাল একটি সরলরেখা টানা হইল। এই সরলরেখা DE রেখাকে P বিন্দুতে ছেদ করিল, PB যুক্ত করা হইল। P এবং B বিন্দুর মধ্য দিয়া অঙ্কিত সরলরেখা OO′ রেখাকে যে-বিন্দুতে (F_2) ছেদ করে সেই বিন্দুটি লেন্সের দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস।

অনুরূপভাবে, B বিন্দু হইতে OO′-এর সমান্তরালভাবে একটি সরলরেখা টানা হইল। ইহা DE রেখাকে Q বিন্দুতে ছেদ করিল। A এবং Q যুক্ত করা হইল। AQ সরলরেখা প্রধান-অক্ষ OO′-কে F_1 বিন্দুতে ছেদ করিল। ইহাই লেন্সটির দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাসের অবস্থান।

430. যদি A স্বপ্রভ বিন্দু এবং B উহার প্রতিবিম্ব হয় তাহা হইলে লেন্সটি অভিসারী। লেন্সটির আলোক-কেন্দ্র O এবং ফোকাস-দ্বয়ের অবস্থান 257(a) নং চিত্রের অনুরূপ অঙ্কনের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। যদি B স্বপ্রভ বিন্দু এবং A উহার প্রতিবিম্ব হয় তাহা হইলে লেন্সটি অপসারী। এক্ষেত্রে লেন্সের আলোক-

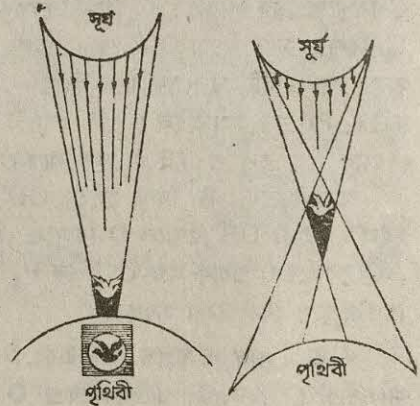
কেন্দ্র, ফোকাসদ্বয় ইত্যাদির অবস্থান 257(b) নং চিত্রের অনুরূপ অঙ্কনের সাহায্যে

চিত্র 257

নির্ণয় করা যায়।

431. মনে করি, L_1 এবং L_2 দুইটি অভিসারী লেন্স (চিত্র 258)। L_1 লেন্সের উপর একটি সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ আপতিত হইলে উহা লেন্স-কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া ইহার দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস F বিন্দুতে আসিয়া মিলিত হয়। ইহার পর ঐ আলোক-রশ্মিগুচ্ছ পুনরায় F বিন্দু হইতে অপসৃত হয়। L_2 লেন্স-কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর এই অপসারী রশ্মিগুচ্ছকে সমান্তরাল রশ্মিতে পরিণত হইতে হইলে F বিন্দুটি L_2 লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাস হওয়া প্রয়োজন। কাজেই, এক্ষেত্রে লেন্সদ্বয়ের দূরত্ব (f_1+f_2)-এর সমান হইবে। এখানে, f_1 এবং f_2 যথাক্রমে L_1 এবং L_2 লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের সমান (চিত্র 258)।

চিত্র 258

432. পাখি বা উড়োজাহাজ যখন মাটির খুব কাছাকাছি দিয়া উড়িয়া যায় তখন মাটিতে উহাদের ছায়া পড়ে, কিন্তু উচুতে উঠিয়া গেলে পৃথিবী-পৃষ্ঠে উহাদের ছায়া পড়ে না। 259নং চিত্রের সাহায্যে ইহার কারণ ব্যাখ্যা করা হইল। এখানে সূর্য একটি বিস্তৃত আলোক-উৎসের ন্যায়, উড়ন্ত পাখি বা বিমান অস্বচ্ছ প্রতিবন্ধকের ন্যায় এবং পৃথিবী পর্দার ন্যায় ক্রিয়া করে। যখন উড়োজাহাজ বা পাখি পৃথিবী-পৃষ্ঠের কাছাকাছি থাকে তখন উহার প্রচ্ছায়া-শঙ্কু পৃথিবীর উপরে পড়ে, ফলে ভূ-পৃষ্ঠে উহার ছায়ার সৃষ্টি হয়।

চিত্র 259

কিন্তু বিমান বা পাখি যখন উর্ধ্বে উঠিয়া যায় তখন উহাদের দ্বারা সৃষ্ট

প্রচ্ছায়া-শঙ্কু পৃথিবীতে পৌঁছিবার আগেই শেষ হইয়া যায়, ইহার ফলে পৃথিবীতে উহার ছায়া পড়ে না।

433. সূর্যগ্রহণের সময়ে ক্ষুদ্র একটি ছিদ্রের মধ্য দিয়া ঘরে সূর্যের আলো প্রবেশ করিলে ঘরের মধ্যে সূর্যের আলোকিত অংশের প্রতিকৃতি গঠিত হইবে। প্রকৃতপক্ষে, ঐ ছিদ্রটি একটি সূচীছিদ্র ক্যামেরার ছিদ্রের ন্যায় ক্রিয়া করিবে। সূর্য হইতে আগত আলোক-রশ্মি ঐ ছিদ্রের মধ্য দিয়া প্রবেশ করিয়া ঘরের দেওয়ালে বা মেঝেতে পড়িলে ঐ স্থানে সূর্যের একটি অবশীর্ষ (inverted) প্রতিকৃতি গঠিত হইবে ; ফলে সূর্যগ্রহণ দেখা সম্ভব হইবে। কিন্তু ছিদ্র বড় হইলে তাহা হয় না। বড় ছিদ্রকে অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ছিদ্রের সমষ্টি রূপে কল্পনা করা যায়। উহাদের প্রতিটির জন্য সূর্যের একটি করিয়া প্রতিকৃতি সৃষ্টি হয়। এই প্রতিকৃতিগুলি একে অন্যের উপর পড়িয়া প্রতিকৃতিটিকে অস্পষ্ট করিয়া দেয়।

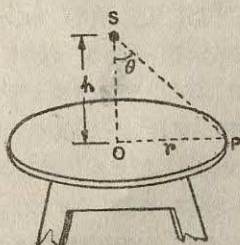
434 সার্চলাইটের আলোর তীব্রতা বিষম বর্গীয় সূত্র-অনুসারে পরিবর্তিত হয় না। সার্চলাইটের আলো উহার পশ্চাতে রক্ষিত প্রতিফলক দর্পণের উপর প্রতিফলিত হইয়া প্রায় সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ রূপে অগ্রসর হয়। এই প্রতিফলিত সমান্তরালে আলোক-রশ্মিগুচ্ছের প্রস্থচ্ছেদ দূরত্বের সহিত পরিবর্তিত হয় না বলিয়া বিভিন্ন দূরত্বে দীপনমাত্রা বিষম বর্গীয় সূত্রানুসারে পরিবর্তিত হয় না।

435. কোন ঘরের সাদা দেওয়ালগুলি অস্বচ্ছ এবং অমসৃণ। ইহার উপর সূর্যের আলো পড়িলে ঐ আলো বিক্ষিপ্তভাবে প্রতিফলিত হইয়া চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়ে। ঐ আলো দর্শকের চোখে পড়িলে ঘরের দেওয়ালগুলিকে উজ্জ্বল দেখায়। কিন্তু কাচের জানালার উপর যে-আলো পড়ে উহার সামান্য অংশই কাচ হইতে প্রতিফলিত হয়। বাকি অংশ কাচের মধ্য দিয়া ঘরের মধ্যে প্রবেশ করে। কাচের জানালা মসৃণ হইলে আপতিত আলো নিয়মিত প্রতিফলনের ফলে একটি নির্দিষ্ট দিকে চলিয়া যায়। ঐ প্রতিফলিত আলো কোন দর্শকের চোখে গেলে সে কাচের জানালায় সূর্যের প্রতিবিম্ব দেখিতে পায়। আলো বিক্ষিপ্তভাবে প্রতিফলিত হয় না বলিয়া প্রতিফলিত আলো সকল দিকে ছড়ায় না। কাজেই দর্শক যে-কোন অবস্থানেই থাকুক না কেন দেওয়ালগুলির বিক্ষিপ্ত আলো উহার চোখে পড়িবে এবং ফলে দেওয়ালগুলিকে উজ্জ্বল দেখাইবে, কিন্তু জানালা হইতে কোন আলো দর্শকের চোখে না আসায় সে-জানালাগুলিকে অনুজ্জ্বল দেখিবে। জানালার উপর বিদ্যমান ধূলিকণাগুলি হইতে সামান্য আলোই দর্শকের চোখে প্রবেশ করিতে পারে।

436. মনে করি, ল্যাম্পটিকে টেবিলের কেন্দ্র O হইতে h উচ্চতায় রাখা হইয়াছে (চিত্র 260)। ল্যাম্পের দীপন-প্রাবল্য I হইলে টেবিলের কেন্দ্রের দীপনমাত্রা হইবে

$$E_o = \frac{I}{SO^2} = \frac{I}{h^2} \quad \cdots \quad (i)$$

টেবিলের ধারে অবস্থিত কোন একটি বিন্দু P-তে দীপনমাত্রা হইবে

$$E_p = \frac{I}{SP^2}\cos\theta = \frac{I}{SP^2} \times \frac{h}{SP} = \frac{I.h}{SP^3}$$

কিন্তু, $SP=(SO^2+OP^2)^{\frac{1}{2}}=(h^2+r^2)^{\frac{1}{2}}$

সুতরাং, $E_p = \dfrac{I.h}{(h^2+r^2)^{\frac{3}{2}}}$ ... (ii)

প্রশ্নের শর্তানুসারে, $E_p=\frac{1}{8} E_0$

বা, $\dfrac{Ih}{(h^2+r^2)^{\frac{3}{2}}}=\dfrac{I}{8h^2}$

চিত্র 260

বা, $8h^3=(h^2+r^2)^{\frac{3}{2}}$

বা, $4h^2=(h^2+r^2)$ বা, $h=r/\sqrt{3}$

437. সূর্য উদিত হইবার কিছুক্ষণ আগেই রাত্রির অন্ধকার কাটিয়া যায়। সূর্যের আলো বায়ুমণ্ডলের অণুগুলির দ্বারা বিক্ষিপ্ত হইয়া পৃথিবীতে আসে। ইহার ফলেই ঊষার আলোর সৃষ্টি হয়। বায়ুমণ্ডল না থাকিলে সূর্য উদিত না হওয়া পর্যন্ত কোন আলো পাওয়া যাইত না। আবার, সূর্য অস্ত যাইবার সঙ্গে সঙ্গেই রাত্রির আঁধার নামিয়া আসে না। অস্তমিত সূর্যের আলো বায়ুমণ্ডলের দ্বারা বিক্ষিপ্ত হইয়া গোধূলির আলো সৃষ্টি করে। ফলে সূর্য ডুবিয়া যাইবার কিছুক্ষণ পর পর্যন্ত দিনের আলো থাকিয়া যায়। কাজেই, বায়ুমণ্ডল না থাকিলে ঊষাকালের এবং গোধূলিবেলার আলো থাকিত না বলিয়া দিবালোকের স্থায়িত্ব কমিয়া যাইত।

ইহা ছাড়া, সূর্য যখন দিগন্ত রেখার নিকট থাকে বায়ুমণ্ডল-কর্তৃক সূর্য-রশ্মির প্রতিসরণের ফলে সূর্যের অবস্থানের আপাত কৌণিক উন্নতি ঘটে। ইহার ফলে সূর্যোদয়ের কিছুক্ষণ আগেই সূর্যকে দেখা যায়। একই কারণে সূর্যাস্তের পরও কিছুক্ষণ সূর্য দেখা যায়। এই কারণেও বায়ুমণ্ডলের উপস্থিতির ফলে দিনের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়।

438. আলোর বিক্ষেপণের দরুন আকাশের রঙ নীল। সূর্যকিরণ যখন পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়া যায় তখন বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন গ্যাসের অণু, ধূলিকণা ইত্যাদির সাহায্যে উহা বিক্ষিপ্ত হয়। বিজ্ঞানী লর্ড র‍্যালে দেখাইয়াছেন যে, বিক্ষিপ্ত আলোর পরিমাণ $(1/\lambda^4)$-এর সমানুপাতিক (λ=আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য)। বেগুনি আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য লাল আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যর 4/7 গুণ বলিয়া লাল আলোর বিক্ষেপণ অপেক্ষা বেগুনি আলোর বিক্ষেপণ $(7/4)^4$ বা প্রায় 10 গুণ বেশি হইবে। অনুরূপ-ভাবে, লাল আলোর বিক্ষেপণ অপেক্ষা নীল আলোর বিক্ষেপণ 7 গুণ বেশি।

সূর্য হইতে দূরে আকাশের কোন অংশের দিকে তাকাইলে ঐ অংশ হইতে আমাদের চোখে যে-আলো আসিয়া প্রবেশ করে উহাতে বেগুনি ও নীল রঙের পরিমাণ অন্যান্য রঙের তুলনায় বেশি থাকে। ইহার ফলে আকাশকে নীল দেখায়।

প্রকৃতপক্ষে, আড়াআড়িভাবে বিক্ষিপ্ত সূর্যকিরণে বিভিন্ন রঙের আলোর অনুপাত এরূপ : বেগুনি 10 নীল 7 সবুজ 3
হলুদ 3 কমলা 2 লাল 1

এই অনুপাতে বিভিন্ন রঙের আলোর মিশ্রণের ফলে আকাশের নীল রঙের সৃষ্টি হয়।

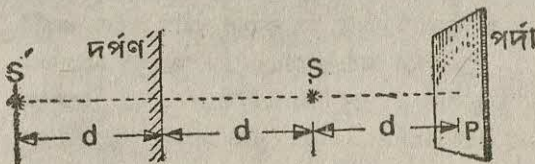
439. আলোর বিক্ষেপণই ইহার কারণ। দিগন্তরেখার নিকট অবস্থিত সূর্য হইতে আগত সাদা আলোক-রশ্মি যখন বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়া যায় তখন বায়ুর অণুগুলি ঐ আলোতে বিদ্যমান সকল রঙের আলোকেই পার্শ্বের দিকে বিক্ষিপ্ত করে। বিজ্ঞানী র‍্যালে দেখাইয়াছেন যে, যে-আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য যত কম সেই আলো তত বেশি বিক্ষিপ্ত হয়। বায়ুমণ্ডলের দ্বারা যে-পরিমাণ আলো পার্শ্বের দিকে বিক্ষিপ্ত হয় তাহা আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের চতুর্থ ঘাতের ব্যস্তানুপাতিক। দৃশ্যমান আলোকগুলির মধ্যে লাল রঙের আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যই সর্বাপেক্ষা বেশি বলিয়া পার্শ্বের দিকে লাল আলোই সবচেয়ে কম বিক্ষিপ্ত হয়। এইজন্যই অস্তগামী সূর্য হইতে আগত সূর্যরশ্মি যখন বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়া দর্শকের দিকে অগ্রসর হয় তখন বেগুনি, নীল, সবুজ ইত্যাদি রঙের আলো পার্শ্বের দিকে অনেক বেশি বিক্ষিপ্ত হয়, ইহাদের তুলনায় লাল আলোর বিক্ষেপণের মাত্রা কম বলিয়া অস্তগামী সূর্য হইতে আগত আলোকে লাল দেখায়। কেবলমাত্র অস্তগামী সূর্যই নয়, প্রভাতের উদীয়মান সূর্যকেও একই কারণে লাল দেখায়।

440. চন্দ্রের উপর যখন পৃথিবীর ছায়া পড়ে তখন চন্দ্রগ্রহণ হয়। পৃথিবীর প্রচ্ছায়া-শঙ্কু চন্দ্রের কক্ষপথ অঞ্চলে যে-অন্ধকার বৃত্তাকার প্রচ্ছায়া গঠন করে উহার ব্যাস চন্দ্রের ব্যাস অপেক্ষা বেশি বলিয়া চন্দ্রের বলয় গ্রাস সম্ভব নয়।

441. মনে করি, আলোক-উৎস S-এর দীপনপ্রাবল্য $=I$

কাজেই, দর্পণটি স্থাপন করিবার পূর্বে P বিন্দুতে দীপনমাত্রার মান,

$$E_1 = \frac{I}{d^2} \quad \cdots \quad (i)$$

পর্দার সমান্তরালভাবে আলোক-উৎস হইতে d দূরত্বে সমতল দর্পণ স্থাপন করিলে দর্পণ হইতে প্রতিফলিত আলোও P বিন্দুতে আসিবে, ইহাতে ঐ বিন্দুর দীপনমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে। এখন, দর্পণ হইতে প্রতিফলিত আলো S-এর প্রতিবিম্ব S′ হইতে আসিতেছে এইরূপ মনে করা যায়।

চিত্র 261

দর্পণের প্রতিফলন গুণাঙ্ক r হইলে S′-এর দীপনপ্রাবল্য হইবে Ir ; কাজেই দর্পণটি স্থাপন করিবার পর P বিন্দুর দীপনমাত্রার মান,

$$E_2 = \frac{I}{d^2} + \frac{Ir}{(3d)^2} \quad [\because \quad S'P = 3d]$$

বা, $$E_2 = \frac{I}{d^2}\left(1 + \frac{r}{9}\right) \qquad \cdots \qquad (ii)$$

(i) এবং (ii) হইতে পাই, $\frac{E_2}{E_1} = \left(1 + \frac{r}{9}\right)$

কাজেই, P বিন্দুর দীপনমাত্রার শতকরা বৃদ্ধি

$$= \frac{E_2 - E_1}{E_1} = \frac{r}{9} \times 100\%$$

লক্ষণীয় যে, r-এর মান 1 অপেক্ষা বেশি হইতে পারে না বলিয়া P-বিন্দুর দীপনমাত্রার শতকরা বৃদ্ধি 11·11% অপেক্ষা বেশি হইতে পারে না।

442. প্রথম ক্ষেত্রে আলোর শোষণ (absorption) বা রঙের বিয়োজন (subtraction of colours) এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে আলোর উপরিপাত (superposition) বা রঙের সংযোজন (addition of colours) সংঘটিত হয়।

হলুদ রঞ্জক পদার্থ সাদা আলো হইতে হলুদ এবং উহার সন্নিকটস্থ রঙ অর্থাৎ, সবুজ এবং কমলা রঙের কিছু অংশ ভিন্ন অন্য সকল রঙের কিছু অংশ আলো শোষণ করিয়া লয়। অনুরূপভাবে, নীল রঞ্জক পদার্থ সাদা আলো হইতে নীল এবং উহার সন্নিহিত রঙ অর্থাৎ, সবুজ ও বেগুনি রঙের কিছু অংশ ভিন্ন অন্য সকল রঙের আলোকে শোষণ করিয়া লয়। কাজেই, উক্ত দুই রঞ্জক পদার্থের মিশ্রণ কেবলমাত্র সবুজ রঙের আলোকেই প্রতিফলিত করিবে এবং অন্য সকল বর্ণের আলোকে শোষণ করিয়া লইবে। এইজন্য, উক্ত মিশ্রণের রঙ সবুজ হইবে।

নীল এবং হলুদ পরস্পরের পূরক রঙ (complementary colour)। কাজেই, অক্ষিপটে এই দুই বিশুদ্ধ বর্ণালী-রঙ (spectral colour)-এর আলোর মিশ্রণের ফলে সাদা আলোর অনুভূতির সৃষ্টি হয়।

443. ঘষা কাচের পাতের পৃষ্ঠ অমসৃণ বলিয়া উহার উপর আলোর বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন (diffused reflection) ঘটে। এইরূপ কাচের পাতের মধ্য দিয়া আলো অবাধে অন্তঃসৃত (transmitted) হইতে পারে না, ফলে ঘষা কাচের পাত অস্বচ্ছ। যখন জলের সাহায্যে কাচটিকে ভিজান হয় তখন ঐ পাতের উভয় পার্শ্বে একটি জলের ঝিল্লি (film) লাগিয়া যায়। ফলে ভিজা অবস্থায় ঘষা কাচের পৃষ্ঠটি কার্যত একটি মসৃণ তলের ন্যায় ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে ঘষা কাচের পৃষ্ঠের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণাগুলির চতুর্দিকে বায়ুর পরিবর্তে জল থাকে বলিয়া ঐ কণাগুলি হইতে আলোর বিক্ষেপণ (scattering) হ্রাস পায় এবং অন্তঃসরণ (transmission) বৃদ্ধি পায়। ইহার কারণ নিম্নে ব্যাখ্যা করা হইল।

কোন বস্তুকণা যদি ভিন্ন প্রতিসরাঙ্কবিশিষ্ট মাধ্যমে অবস্থান করে তাহা হইলে ঐ বস্তুকণা-কর্তৃক আপতিত আলোর বিক্ষেপণ ঘটে। বস্তুকণার প্রতিসরাঙ্ক এবং উহার পারিপার্শ্বিক মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের পার্থক্য যত বেশি হইবে আলোর

বিক্ষেপণও তত বেশি হইবে। শুষ্ক অবস্থায় অমসৃণ ঘষা কাচের পৃষ্ঠের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণাগুলির চারিপার্শ্বে বায়ু থাকে। বায়ু ও কাচের প্রতিসরাঙ্কের পার্থক্য বেশি বলিয়া এক্ষেত্রে বিক্ষেপণ বেশি হয়। ভিজা অবস্থায় ঘষা কাচের পৃষ্ঠের কণাগুলির চারিপার্শ্বে জল থাকে। জল ও কাচের প্রতিসরাঙ্কের পার্থক্য অপেক্ষাকৃত কম বলিয়া এই সময় আলোর বিক্ষেপণ হ্রাস পায়, ফলে ভিজা অবস্থায় ঘষা কাচের পাতকে প্রায় স্বচ্ছ দেখায়।

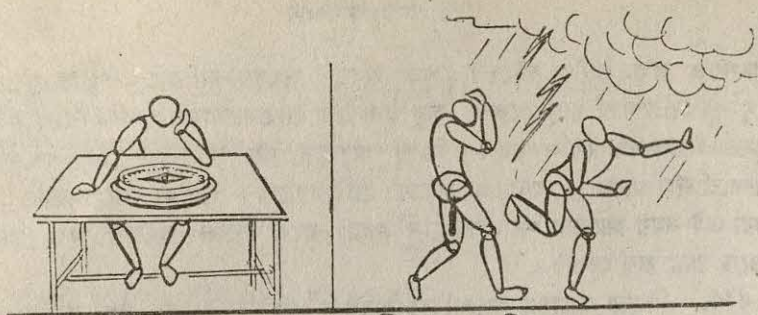
444. দিনের আলোয় আলোকিত অবস্থায় গাছটির পাতার রঙ সবুজ এবং ফুলগুলির রঙ লাল। পাতার উপর সূর্যের আলো আপতিত হইলে পাতাগুলি ঐ বহুবর্ণী আলোয় বিদ্যমান সবুজ আলো ভিন্ন অপর সকল বর্ণের আলোকেই শোষণ করিয়া লয়। ফলে পাতা হইতে কেবলমাত্র সবুজ আলোই দর্শকের চোখে আসিয়া প্রবেশ করিতে পারে। অনুরূপভাবে, ফুলগুলি লাল ভিন্ন সকল বর্ণের আলোই শোষণ করিয়া লয়। ফলে সূর্যের আলোতে আলোকিত অবস্থায় উহাদিগকে লাল দেখায়।

গাছটিকে সবুজ আলো দ্বারা আলোকিত করিলে ফুলগুলি ঐ সবুজ আলোর সবটুকুই শোষণ করিয়া লইবে, কেননা, উহারা লাল ভিন্ন অন্য সকল বর্ণের আলোকে শোষণ করিয়া লয়। সুতরাং ফুলগুলি হইতে কোন আলো আসিয়া দর্শকের চোখে প্রবেশ করিতে পারে না। ইহার ফলে ফুলগুলিকে কালো দেখাইবে। কিন্তু পাতাগুলি উহাদের উপর আপতিত আলোকে শোষণ না করিয়া প্রতিফলিত করিয়া দেয় বলিয়া পাতাগুলিকে সবুজ দেখাইবে।

গাছটিকে লাল আলোতে আলোকিত করা হইলে পাতাগুলি ঐ লাল আলো শোষণ করিয়া লইবে, ফলে পাতাগুলিকে কালো দেখাইবে। ফুলগুলি উহাদের উপর আপতিত লাল আলোকে শোষণ না করিয়া প্রতিফলিত করে বলিয়া ফুলগুলিকে লাল দেখাইবে।

নীল আলো পাতা এবং ফুল উভয়ের দ্বারাই শোষিত হইবে বলিয়া গাছটিকে নীল আলোতে আলোকিত করিলে পাতা এবং ফুল উভয়কেই কালো দেখাইবে।

445. দিনের আলো প্রকৃতপক্ষে একটি বহুবর্ণী আলো। ইহাতে প্রধানত সাতটি রঙের আলো বিদ্যমান। দিনের আলোতে যে-কাপড়কে লাল দেখায় সেই কাপড় লাল ভিন্ন অন্য সকল রঙের আলোকে শোষণ করিয়া লয়। সুতরাং, দিনের আলোয় যে-কাপড়ের রঙ লাল রাত্রে উহার উপরে লাল ভিন্ন অন্য কোন রঙের আলো, (যেমন, সবুজ বা নীল) ফেলিলে উহা আপতিত আলোর সবটুকু শোষণ করিয়া লইবে। উহা হইতে কোন আলোই নির্গত হইয়া দর্শকের চোখে পড়ে না, ফলে ইহাকে কালো দেখায়। দিনের আলোয় যে-কাপড়কে কালো দেখায় উহা সকল রঙের আলোকেই শোষণ করিয়া লয়। কাজেই, রাত্রিতে উহাকে যে-কোন রঙের দ্বারাই আলোকিত করা হউক, উহা সর্বদাই উহার উপর আপতিত আলোর সবটুকু শোষণ করিয়া লইবে। কাজেই, দিনের আলোতে যে-কাপড় কালো, রাত্রিতে উহাকে যে-কোনভাবেই আলোকিত করা হউক না কেন উহাকে সর্বদাই কালো দেখাইবে।

———

প্রশ্নাবলী

446. দুইটি লোহদণ্ডের মধ্যে একটিকে চুম্বকিত করা হইয়াছে। অন্য কোন কিছুর সাহায্য না লইয়া (এক টুকরা সূতাও নহে) উহাদের মধ্যে কোন্‌টি চুম্বক তাহা কীরূপে স্থির করিবে ?

[One of the two iron bars is magnetised. How will you find out, without using any aid (not even a piece of thread), which one of them is magnetised ?] (I. I. T. Adm Test, 1982)

447. তোমাকে একটি দণ্ডচুম্বক, একটি কাঁচা লোহার দণ্ড এবং একটি পিতলের দণ্ড দেওয়া হইল। এই দণ্ডগুলি ছাড়া তোমার হাতে অন্য কিছু না থাকিলে ইহাদিগকে কীরূপে সনাক্ত করিবে ?

[You are given a bar magnet, a rod of soft iron and a rod of brass. With nothing but the bars at your disposal, how would you identify them ?]

448. একটি চুম্বক-শলাকাকে উত্তর গোলার্ধের কোন শান্ত হ্রদে ভাসমান একটি কর্কের উপর স্থাপন করা হইল। কর্কসহ চুম্বক-শলাকাটি কি হ্রদের উত্তর দিকে চলিতে থাকিবে ?

[A magnetic needle is placed on a cork floating on a still lake in the northern hemisphere. Does this needle together with the cork move towards the north of the lake ?] (I.I.T. Adm. Test, 1973

449. একটি ক্ষুদ্র চুম্বককে চৌম্বক মধ্যরেখার উপর অবাধে ঘূর্ণনক্ষম অবস্থায় ঝুলাইয়া দেওয়া হইয়াছে। পৃথিবী-পৃষ্ঠের কোন্ স্থানে চুম্বকটি উল্লম্ব অবস্থায় থাকিবে ?

[A small magnet is pivoted to move freely in the magnetic meridian. At which place on the earth will the magnet be vertical ?] (I. I. T. Adm. Test, 1976)

450. কোন ফ্যাক্টরীতে বৈদ্যুতিক ঘণ্টার জন্য তড়িচ্চুম্বকের কোর্ (core) তৈয়ারী করিবার সময় ভুলবশত কাঁচা লোহার পরিবর্তে ইস্পাত ব্যবহার করা হইয়াছিল। বৈদ্যুতিক ঘণ্টাগুলির কী হইবে ?

[In a certain factory, steel was used by mistake instead of soft iron to make the cores of electromagnets for some electric bells. What should be the matter with the bells ?]

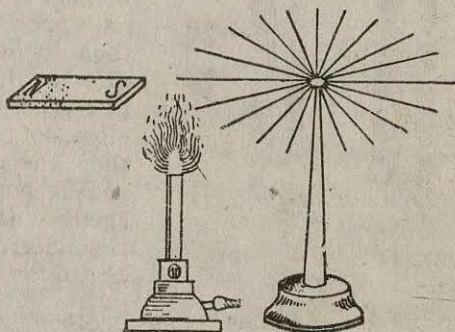
451. আংশিকভাবে ভূমিতে প্রোথিত কোন উল্লম্ব স্তম্ভকে বহুবছর পর চুম্বকত্ব-লাভ করিতে দেখা গেল। উত্তর গোলার্ধে স্তম্ভটির শীর্ষে কীরূপ মেরুধর্মের উদ্ভব হইবে?

[A vertical pillar, introduced partly in the earth, is found to be magnetised after several years. What will be the polarity at the top of the pillar at northern hemisphere of the earth ?]

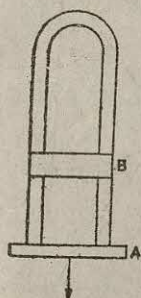
452. দেখা গেল যে, কোন টেবিলে রক্ষিত একটি চুম্বকের অক্ষ বরাবর উদাসীন বিন্দুগুলি গঠিত হইয়াছে। পৃথিবীর চৌম্বক ক্ষেত্রের সাপেক্ষে চুম্বকটির অবস্থান কীরূপ?

[It is found that the neutral points lie along the axis of a magnet placed on a table. What is the orientation of the magnet with respect to the earth's magnetic field ?]

(I. I. T. Adm. Test, 1974)

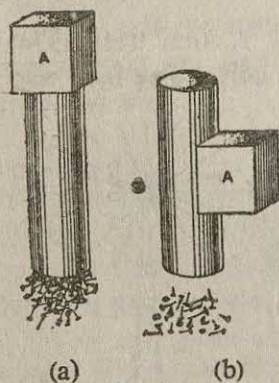
453. একটি চুম্বককে লোহার তারের তৈয়ারী একটি ঘূর্ণকের নিকট আনা হইল। চুম্বকটির পাশে ঘূর্ণকের নিচে একটি বার্ণার রাখা হইল (চিত্র 262)। ইহা ঘূর্ণকের তারগুলির মধ্যে একটিকে উত্তপ্ত করে। ইহাতে কী হইবে?

[A magnet is brought close to a rotator made of iron wires. Alongside the magnet and below the rotator is placed a burner which heats one of the rotator's wires (Fig. 262). What will happen ?]

চিত্র 262

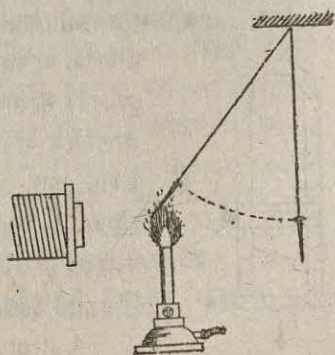
454. একটি শক্তিশালী অশ্বক্ষুরাকৃতি চুম্বককে একটি লোহার পাত A-এর সাহায্যে আবদ্ধ করা হইল (চিত্র 263)। A পাতের ওজন চুম্বকটির উত্তোলন-সামর্থ্যের সমান যাহাতে চুম্বকটি কোনক্রমে এই পাতটিকে ধরিয়া রাখিতে পারে। যদি কাঁচা লোহার নির্মিত একটি পাত B-কে এই চুম্বকটির পাশে স্থাপন করা হয় তাহা হইলে A পাতটি তৎক্ষণাৎ পড়িয়া যায়। B পাতটিকে সরাইলে চুম্বকটি পুনরায় A পাতটিকে ধরিয়া রাখিতে পারে। প্রক্রিয়াটি ব্যাখ্যা কর।

চিত্র 263

[A strong horseshoe magnet is closed by an iron plate A (Fig. 263). The weight of the plate is chosen so that it correspond to the lifting force of the magnet,

so that the magnet just supports the plate. If a plate B made from soft iron is placed across the poles of the magnet from the side, plate A then falls instantly. If plate B is removed, the magnet can again support plate A. Explain this phenomenon]

455. একটি লম্বা কাঁচা লোহার দণ্ডকে উল্লম্ব অবস্থায় স্থিরভাবে রাখা হইল। যদি একটি শক্তিশালী চুম্বক A-কে এই দণ্ডটির উপরের প্রান্তের সংস্পর্শে আনা হয় (চিত্র 264 a) তাহা হইলে দণ্ডটি এইরূপ শক্তিশালী চুম্বকে পরিণত হয় যাহাতে দণ্ডটি উহার নিম্নপ্রান্তে কতকগুলি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বস্তুকে ধরিয়া রাখিতে পারে। যদি চুম্বকটিকে দণ্ডটির নিম্নপ্রান্তের বেশ কাছাকাছি উহার পৃষ্ঠের সংস্পর্শে রাখা হয় (চিত্র 264 b) তাহা হইলে দণ্ডে আবিষ্ট চুম্বকত্ব খুব জোরাল হয় না, ফলে উহার নিম্ন-প্রান্তটি উল্লেখিত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বস্তুগুলিকে আর ধরিয়া রাখিতে পারে না। উক্ত দুই ক্ষেত্রে A চুম্বকটির ক্রিয়ার পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

চিত্র 264

[A long rod made of soft iron is fixed in the vertical position. If a strong magnet A is brought into contact with its upper end as shown in Fig. 264 a, then its lower end can support several objects. If the same magnet is brought in contact with the side of the rod quite close to the lower end (Fig. 264 b), then the magnetisation induced in the rod is not enough strong to hold the small objects mentioned above. Explain the difference in the effects of the magnet in the above two cases.]

456. একটি ক্ষুদ্র লোহার পেরেককে একটি অদাহ্য সূতা হইতে ঝুলাইয়া দিয়া একটি শক্তিশালী তড়িচ্চুম্বককে উহার সম্মুখে রাখা হইল (চিত্র 265)। পেরেক ও তড়িচ্চুম্বকের মাঝামাঝি একটি বুনসেন বার্ণার রাখা হইল, যাহাতে চুম্বকের প্রভাবে পেরেকটি যখন বিক্ষিপ্ত হয় তখন উহা বার্ণারের শিখায় প্রবেশ করে। তড়িচ্চুম্বকের সলেনয়েডের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠান হইলে পেরেকটি বিক্ষিপ্ত হয় ও দোল খাইয়া শিখায় প্রবেশ করে এবং ইহার কিছুক্ষণ পর লাফাইয়া শিখা হইতে বাহির হইয়া পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া যায়। কিছুক্ষণ পর পেরেকটি পুনরায় আকৃষ্ট হয়। পেরেকের এই পর্যাবৃত্ত গতির কারণ কী ?

চিত্র 265

[A small iron nail is suspended from a non inflammable string. A strong electromagnet is placed near the nail (Fig. 265). Between the

nail and the electromagnet is placed a bunsen burner, so that when the nail is deflected under the influence of the magnet, it inevitably swings into the flame. If the current in the solenoid of the electromagnet is switched on, the nail is deflected, swings into the flame and then after some time jumps out of the flame and returns to its initial position. After some time the nail is again attracted to the magnet. What is the reason for this periodic movement of the iron nail ?]

457. ধাতুর প্রলেপযুক্ত একটি হাল্কা বলকে সিল্কের সূতার সাহায্যে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। যখন আধানবাহী কোন অন্তরিত ধাতুদণ্ডকে ইহার নিকট আনা হয় তখন বলটি প্রথমে আকৃষ্ট হয় এবং ইহার পর দণ্ডটিকে স্পর্শ করিয়া বলটি উহা হইতে বিকর্ষিত হয়। ব্যাখ্যা কর।

[A light metal-coated ball is suspended by means of a silk thread. When a charged insulated metal rod is brought near the ball, the ball is first attracted and then, after touching the rod, is repelled from it. Explain.]

458. তোমাকে অন্তরক স্ট্যাণ্ডের সহিত যুক্ত দুইটি ধাতব গোলক দেওয়া হইল। ইহাদিগকে সমান ও বিপরীতধর্মী আধানে আহিত করিবার একটি উপায় নির্ধারণ কর। তুমি সিল্কে-ঘষা একটি কাচদণ্ড ব্যবহার করিতে পার, কিন্তু ইহাকে গোলকগুলির সহিত স্পর্শ করাইতে পারিবে না। তোমার পদ্ধতি কার্যকর হইবার জন্য কি গোলক দুইটির আকৃতি সমান হইতে হইবে ?

[You are given two metal spheres connected with insulating stands. Find a method to give them equal and opposite charges. You may use a glass rod rubbed with silk but may not touch it to the spheres For your method to work, is it necessary that the spheres are of equal size ?]

459. দুইটি আধানের মান Q, ইহারা পরস্পর হইতে r দূরত্বে রহিয়াছে। একটি তৃতীয় আধান q-কে উক্ত দুই আধানের সংযোজী সরলরেখার উপর এমনভাবে স্থাপন করা হইল যাহাতে উক্ত আধান তিনটি সাম্যাবস্থায় থাকে। q-আধানের মান, প্রকৃতি ও অবস্থান কী হইবে ?

[Two charges, Q each, are at a distance r from each other. A third charge q is placed on the line joining the above two charges such that all the three charges are in equilibrium. What is the magnitude, sign and position of the charge q ?]

(I. I. T. Adm. Test, 1975)

460. দুইটি পরিবাহীতে একই প্রকারের সম-পরিমাণ তড়িদাধান আছে। ইহাদের মধ্যে বিভব-বৈষম্য থাকিতে পারে কি ?

[Two conductors carry like charges of the same magnitude. Can there be a potential difference between the conductors ?]

461. (i) যে-অঞ্চলের সর্বত্র তড়িৎ-বিভব V-এর মান সমান হয় সেখানকার তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য (E) সম্পর্কে কী বলিতে পার ?

(ii) যদি কোন অঞ্চলে সকল বিন্দুতে E=0 হয় তাহা হইলে V-এর মান সম্পর্কে কী বলিতে পার ?

[(i) What can you say about electric field (E) in a region over which the electric potential (V) has everywhere the same value ?

(ii) If in a region E=0 at every point, what can you say about the value of electric potential V ?]

462. q আধানবাহী তিনটি ক্ষুদ্র গোলককে r ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি বৃত্তের পরিধির উপর স্থাপন করা হইল যাহাতে উহাদের সংযোজী সরলরেখাগুলি একটি সমবাহু ত্রিভুজ গঠন করে। বৃত্তটির কেন্দ্রে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য ও বিভব কত নির্ণয় কর।

[Three small spheres each carrying a charge q are placed on the circumference of a circle of radius r to form an equilateral traingle. Find the electric field and the potential at the centre of the circle.] (I. I. T. Adm. Test, 1968)

463. সমভাবে আহিত দুইটি গোলককে সূতার সাহায্যে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। সূতা দুইটি পরস্পরের সহিত θ কোণ করিয়া আছে। যখন ইহাদিগকে σ ঘনত্ব-বিশিষ্ট তরলে ডুবান হয় তখনও সূতাদ্বয় পরস্পরের সহিত একই কোণ করিয়া থাকে। তরলের তড়িৎ-মাধ্যমাঙ্কের মান কত ? গোলকের উপাদানের ঘনত্ব ρ।

[Two identically charged spheres are suspended by strings of equal length. The strings make an angle of θ with each other. When suspended in a liquid of density σ, the angle remains the same. What is the dielectric constant of the liquid ? The density of the material of the sphere is ρ.]

464. কোন তড়িৎক্ষেত্রের মধ্য দিয়া একটি আহিত কণা সরলরেখা ধরিয়া চলে। ইহা কি অনিবার্যভাবে ত্বরিত হইবে ?

[A charged particle moves along a straight line in an electric field. Is the particle necessarily accelerated ?]

465. স্থির বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রে বলরেখার সহিত কোন তড়িদাহিত কণার সঞ্চারপথ সমাপতিত হয় কি ?

[Does the trajectory of a charged particle in an electrostatic field, coincide with a line of force ?]

466. দুইটি ফাঁপা পরিবাহীকে ধনাত্মক তড়িতে আহিত করা হইল। ছোটটির বিভব 50V এবং বড়টির 100V। ইহাদিগকে কীরূপে রাখিয়া পরস্পরকে তারের সাহায্যে যুক্ত করিলে ছোট পরিবাহী হইতে বড় পরিবাহীতে ধনাত্মক তড়িদাধান প্রবাহিত হইবে ?

[Two hollow conductors are charged positively. The smaller one is at 50V and the bigger one is at 100V. How should they be arranged such that positive charges flow from the smaller to the bigger conductor when connected by wire ?]

467. পৃথিবীর সাপেক্ষে একটি কাচের স্ট্যাণ্ডে স্থাপিত ধাতব গোলকের তড়িৎ-বিভব ধনাত্মক অথচ গোলকটিতে কোন আধান নাই। ইহা কীরূপে সম্ভব ব্যাখ্যা কর।

[A metallic sphere on a glass stand has a positive potential with respect to earth, yet the sphere has no net charge on it. Explain how this is possible.]

468. একটি মসৃণ অনুভূমিক এবং অন্তরিত প্লেটে একটি ধাতব গোলককে স্থিরভাবে স্থাপন করা হইল। ইহা হইতে কিছুটা দূরে অপর একটি ধাতব গোলক স্থাপন করা হইল। যদি স্থির গোলকটিকে আধান দেওয়া হয় তাহা হইলে অপর গোলকটি কীরূপে প্রভাবিত হইবে ?

[A metal sphere is held fixed on a smooth, horizontal, insulated plate and another metal sphere is placed some distance away. If the fixed sphere is given a charge, how will the other sphere react ?] (I. I. T. Adm. Test, 1968)

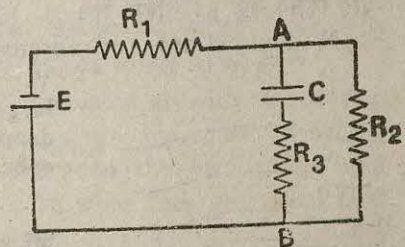
469. অসীম দূরত্ব পর্যন্ত ব্যাপ্ত একটি ধাতব পাত হইতে d দূরত্বে একটি আধান Q স্থিরভাবে রাখা হইল। পরিষ্কারভাবে অভিমুখ নির্দেশ করিয়া বল-রেখাগুলির চিত্র অঙ্কন কর।

[A charge $+Q$ is fixed at a distance of d in front of an infinite metal plate. Draw the lines of force indicating the directions clearly.] (I. I. T. Adm. Test, 1976)

470. স্বর্ণপত্র তড়িৎ-বীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরিবর্তী তড়িৎ-বাহী বর্তনীর তড়িৎ-বিভব মাপা যায় কি ?

[Is it possible to measure the voltage of an a. c. circuit with a gold-leaf electroscope ?]

471. E তড়িচ্চালক বলবিশিষ্ট একটি ব্যাটারীকে 266 নং চিত্রের অনুরূপ বর্তনীতে যুক্ত করা হইল। C ধারকটি শেষ পর্যন্ত কোন্ বিভবে আহিত হইবে ? ব্যাটারীর আভ্যন্তরীণ রোধ উপেক্ষা কর।

[A battery of electromotive force E is connected to a circuit as shown in Fig. 266. To what voltage will the capacitor C be finally charged ? Neglect the battery's internal resistance.]

চিত্র 266

472. সমব্যাসার্ধবিশিষ্ট দুইটি তামার গোলকের মধ্যে একটি ফাঁপা এবং একটি নিরেট। ইহাদিগকে একই তড়িৎ-বিভবে আহিত করা হইল। যদি ইহাদের মধ্যে একটিতে অপরটি অপেক্ষা বেশি আধান থাকে তাহা হইলে কোন্‌টির আধান বেশি ?

[Two copper spheres of the same radii, one hollow and the other solid are charged to the same potential. Which, if any, of the two will hold more charge ?] (I. I. T. Adm. Test, 1974)

473. A, B এবং C তিনটি সমান পরিবাহী। উহাদের মধ্যে কেবলমাত্র A তড়িদাহিত। A পরিবাহী প্রথমে B পরিবাহীর সহিত আধান ভাগাভাগি করিয়া লইল এবং ইহার পর বাকি আধান C-এর সহিত ভাগাভাগি করিয়া লইল। প্রতিটি পরিবাহীর প্রাথমিক শক্তির তুলনা কর।

[A, B and C are three equal conductors, of which A alone is charged. A is first made to share its charge with B, and then the remainder is shared with C. Compare the energies of each of the three charges with that originally possessed by A.]

474. r ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি পরিবাহী গোলককে v বিভবে তড়িদাহিত করা হইল। r' ব্যাসার্ধবিশিষ্ট অপর একটি পরিবাহী ফাঁপা গোলককে v' বিভবে তড়িদাহিত করা হইল। এখন দ্বিতীয় গোলকটিকে খুলিয়া প্রথম গোলকটিকে উহার মধ্যে প্রবেশ করাইয়া উহার সহিত স্পর্শ করান হইল। উভয় গোলকের বিভব এবং আধান নির্ণয় কর।

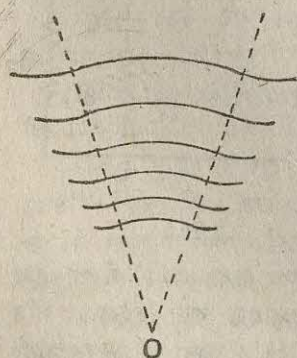
[A conducting sphere of radius r is charged to potential v; a second conducting sphere of radius r', which is hollow, is charged to potential v'. The second sphere is now opened so as to admit the first, which is allowed to touch it. Find the potential and charge of each of the spheres.]

475. বৈদ্যুতিক বলরেখাগুলি পরস্পরকে ছেদ করে না কেন ব্যাখ্যা কর।

[Explain why electric lines of force do not cross each other.]

(I. I. T. Adm. Test, 1972)

476. একই রকম N সংখ্যক পারদবিন্দুকে আহিত করিয়া V বিভবে আনা হইল। এই পারদবিন্দুগুলি একত্রে মিলিত হইয়া যে-বৃহদাকার বিন্দু গঠিত হয় উহার বিভব কত ? ধরিয়া লও যে, পারদবিন্দুগুলি গোলাকার।

[N identical drops of mercury are charged to the same potential V. What will be the potential of the large drop formed by combining these drops ? Assume that the drops are spherical in shape.]

চিত্র 267

477. কোন তড়িৎ-ক্ষেত্রের কোন অংশে যদি তড়িৎ-বলরেখাগুলি সমকেন্দ্রিক বৃত্তচাপ হয় (চিত্র 267) এবং যদি উহাদের কেন্দ্র O বিন্দুতে অবস্থিত হয় তাহা হইলে দেখাও যে, ঐ অংশের প্রতিটি বিন্দুর তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য O বিন্দু হইতে উহার দূরত্ব ব্যস্তানুপাতিক।

[If at some part of an electric field

the lines of force have the form of arcs of concentric circles whose centres are at the point O (Fig 267), show that the field intensity at each point in this part of the field should be inversely proportional to the distance from the point to O.]

478. r ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি আহিত গোলককে r' ব্যাসার্ধবিশিষ্ট অপর একটি অনাহিত গোলকের সহিত আধান বণ্টন করিয়া লইতে দেওয়া হইল। দেখাও যে, গোলকদ্বয়ের প্রাথমিক এবং অন্তিম শক্তির অনুপাত $(r+r'):r$।

[A charged sphere of radius r is made to share its charge with an uncharged sphere of radius r. Prove that the ratio of the original and the final energies of the spheres is $(r+r'):r$.]

479. একটি ক্ষুদ্র বলকে + 1 volt বিভবে আহিত করা হইল। ইহাকে + 10,000 volt বিভবে আহিত একটি বৃহদাকার ফাঁপা পরিবাহী গোলকে প্রবেশ করান হইল এবং ফাঁপা গোলকটির আভ্যন্তরীণ পৃষ্ঠে স্পর্শ করান হইল। ইহাতে বলটির আধান গোলকটিতে আসিল। এক্ষেত্রে নিম্নতর বিভবসম্পন্ন বস্তু হইতে ধনাত্মক আধান উচ্চতর বিভবসম্পন্ন বস্তুতে আসিতেছে, যেখানে ইহার ঠিক বিপরীত ব্যাপার হইবার কথা। এই আপাত বিরোধের ব্যাখ্যা কর।

[A small metal ball is charged to a potential of +1 volt. It is introduced into a hollow conducting sphere charged to a potential of +10,000 volt and brought in contact with the inside surface of sphere. The ball's charge passes to the sphere. Explain the contradiction in the passing a positive charge from a body at lower potential to another body at higher potential, when exactly the opposite ought to happen.]

480. একটি সমান্তরাল-পাত ধারক একটি সঞ্চয়ক কোষের সহিত যুক্ত রহিয়াছে। যদি আমরা ধারকের পাতদ্বয়কে পরস্পর হইতে দূরে সরাই তাহা হইলে আমরা পাতদ্বয়ের পারস্পরিক স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ বল অতিক্রম করি, ফলে ধনাত্মক কার্য করি। এই কার্য কোথায় যায় ? ধারকের শক্তিরই বা কী হয় ?

[A parallel plate condenser is connected up with an accumulator. If we move the plates of the capacitor apart, we overcome the force of electrostatic attraction between the two plates and consequently we do positive work. On what does this work go ? What happens to the energies of the condenser ?]

481. তড়িৎ-ক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য শূন্য হইলে কি ঐ বিন্দুতে তড়িৎ-বিভব থাকিতে পারে ? কোন বিন্দুতে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য শূন্য না হইলে কি ঐ বিন্দুতে তড়িৎ-বিভবের মান শূন্য হইতে পারে ? ব্যাখ্যা কর।

[Can an electric potential exist at a point in an electrostatic field where the electric field is zero ? Can the electric potential be zero at a point where the electric field is not zero ? Explain.]

সমাধান

446. মনে করি, A এবং B দুইটি প্রদত্ত দণ্ড। ইহাদের যে-কোন একটি চুম্বক। দণ্ডদ্বয়ের মধ্যে কোন্‌টি চুম্বক তাহা নির্ধারণ করিবার জন্য নিম্নরূপ পরীক্ষা করা যাইতে পারে।

A দণ্ডটিকে টেবিলের উপর রাখিয়া B দণ্ডটির একটি প্রান্তকে A দণ্ডের সংস্পর্শে আনা হইল। ইহার পর B দণ্ডটিকে A দণ্ডের সংস্পর্শে রাখিয়া উহার দৈর্ঘ্য বরাবর এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্ত পর্যন্ত লইয়া যাওয়া হইল। যদি দেখা যায় যে, A দণ্ডের মধ্যবিন্দু হইতে দূরের বিভিন্ন বিন্দুতে B-দণ্ডের এক প্রান্ত স্পর্শ করাইলে দণ্ডদ্বয়ের মধ্যে আকর্ষণ-বল ক্রিয়া করে, কিন্তু B-দণ্ডটি যদি A-দণ্ডের মধ্যবিন্দুতে কোনরূপ আকর্ষণ-বল প্রয়োগ না করে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, A দণ্ডটি চুম্বক।

আর, যদি A দণ্ডের সকল বিন্দুতেই আকর্ষণ-বল ক্রিয়াশীল হয় তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, B দণ্ডটি চুম্বক।

447. দণ্ড তিনটির মধ্যে দুইটি করিয়া বাছিয়া লইলে তিনটি সম্ভাব্য পরিস্থিতির উদ্ভব হইতে পারে। যে-দণ্ড দুইটি বাছিয়া লওয়া হইল তাহার মধ্যে (i) একটি চুম্বক ও একটি পিতলের দণ্ড হইতে পারে, বা (ii) একটি কাঁচা লোহার দণ্ড এবং একটি পিতলের দণ্ড হইতে পারে, বা (iii) একটি চুম্বক ও একটি কাঁচা লোহার দণ্ড হইতে পারে। উপরি-উক্ত তিনটি ক্ষেত্রের মধ্যে কেবলমাত্র তৃতীয় ক্ষেত্রেই আলোচ্য দণ্ড দুইটির মধ্যে আকর্ষণ-বল ক্রিয়া করিতে দেখা যাইবে। কাজেই, দেখা যাইতেছে যে, তিনটি দণ্ডের মধ্যে যে-দুইটি দণ্ড পরস্পরকে আকর্ষণ করিবে উহাদের মধ্যে একটি কাঁচা লোহার দণ্ড ও একটি চুম্বক। এক্ষেত্রে, তৃতীয় দণ্ডটি হইবে পিতলের দণ্ড।

● দণ্ডচুম্বক ও কাঁচা লোহার দণ্ডের মধ্যে কোন্‌টি কী তাহা কীরূপে বুঝা যাইবে তাহা 446 নং প্রশ্নের সমাধান প্রসঙ্গে আলোচনা করা হইয়াছে।

448. কর্কের উপর অবস্থিত চুম্বক-শলাকার কোন চলনগতি থাকিবে না। ইহার কারণ নিম্নে দেওয়া হইল।

চুম্বক-শলাকাটি সুষম (uniform) ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রে অবস্থিত এইরূপ মনে করা যায়। এখন, চুম্বক-শলাকার উভয় মেরুর মেরুশক্তি সমান বলিয়া মেরুদ্বয়ের উপর সমান ও বিপরীতমুখী বল ক্রিয়া করিবে। চুম্বক-শলাকাটি যখন চৌম্বক মধ্যতলে অবস্থান করে, তখন এই সমান ও বিপরীতমুখী বল পরস্পরকে নাকচ করিয়া দেয়। এই অবস্থায় চুম্বকের উপর কোন অসম বল বা অসম দ্বন্দ্ব (couple) ক্রিয়া করে না বলিয়া চুম্বক-শলাকার কোনরূপ চলন গতি বা কৌণিক গতির সৃষ্টি হয় না। ফলে কর্কের উপর ভাসমান চুম্বক-শলাকা উত্তর দিকে বা দক্ষিণ দিকে চলিতে আরম্ভ করে না। চুম্বক-শলাকাটি চৌম্বক মধ্যতলে অবস্থিত না হইলে উহার উত্তর ও দক্ষিণ-মেরুর উপর ক্রিয়াশীল সমান ও বিপরীতমুখী বল একটি দ্বন্দ্বের সৃষ্টি করে।

এই দ্বন্দ্বের প্রভাবে চুম্বক-শলাকাটি ঘুরিয়া যায় এবং শেষ পর্যন্ত চৌম্বক মধ্যতলে ফিরিয়া আসে।

449. যে-স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশের মান শূন্য, অর্থাৎ, যে-স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য উল্লম্ব অভিমুখে ক্রিয়াশীল সেই স্থানে চুম্বক-শলাকাটি উল্লম্ব হইবে। কেবলমাত্র পৃথিবীর চৌম্বক মেরুতেই ইহা হইতে পারে। সুতরাং, পৃথিবীর দুই চৌম্বক-শলাকা উল্লম্ব অবস্থায় সাম্যে আসে।

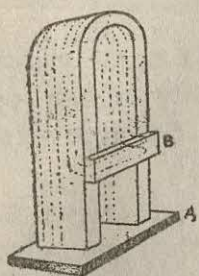
450. ইস্পাতকে চুম্বকে পরিণত করিলে উহা স্থায়ী চুম্বকে পরিণত হয়। তাহা ছাড়া, এক্ষেত্রে চুম্বকত্বের মানও কম হয়। কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া একবার তড়িৎ-প্রবাহ গেলে বর্তনী ছিন্ন হইয়া গেলেও ঐ ইস্পাতের চুম্বকত্ব লোপ পায় না। তড়িচ্চুম্বকের কোর্ (core)-এর এই স্থায়ী চুম্বকত্বের জন্য বৈদ্যুতিক ঘণ্টার আর্মেচারটি একবার আকৃষ্ট হইলে বর্তনী ছিন্ন হওয়া সত্ত্বেও উহা পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া যাইবে না। কাজেই এইরূপ বৈদ্যুতিক ঘণ্টার হাতুড়ি কেবলমাত্র একবার ঘণ্টায় আঘাত করিবে, বোতাম টিপিয়া রাখিলে নিরবচ্ছিন্নভাবে ঘণ্টা বাজিবে না।

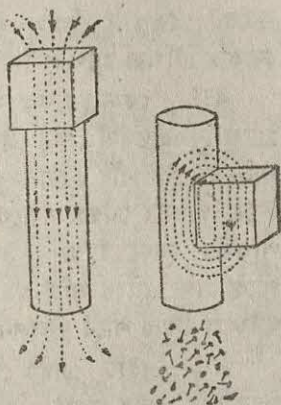
451. কোন চুম্বকের সম্মুখে একটি চৌম্বক পদার্থ রাখিলে উহার নিকটবর্তী প্রান্তে বিপরীতধর্মী মেরু এবং দূরবর্তী প্রান্তে সমধর্মী মেরু আবিষ্ট হয়। আমরা জানি যে, পৃথিবীর উত্তর-মেরুটি প্রকৃতপক্ষে চুম্বকের দক্ষিণ-মেরুর সমধর্মী। কাজেই, উত্তর গোলার্ধে চৌম্বক পদার্থের তৈয়ারী কোন স্তম্ভকে আংশিকভাবে প্রোথিত রাখিলে পৃথিবীর চুম্বকত্বের জন্য উহার নিম্নপ্রান্তে উত্তর মেরুর সৃষ্টি হয় এবং উপরের প্রান্তে দক্ষিণ-মেরুর সৃষ্টি হয়। কাজেই বহুদিন স্তম্ভটি উত্তর গোলার্ধে প্রোথিত থাকিলে উহার শীর্ষে দক্ষিণ-মেরুর উদ্ভব হয়।

452. দুইটি চৌম্বক ক্ষেত্র পরস্পর বিপরীতমুখী ক্রিয়া করিয়া কোন বিন্দুতে পরস্পরের প্রভাব বিনষ্ট করিলে ঐ বিন্দুতে উদাসীন বিন্দু গঠিত হয়। কোন দণ্ড-চুম্বকের অক্ষ বরাবর চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য উহার অক্ষাভিমুখীই ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে, চুম্বকটির অক্ষ ধরিয়া আগত চৌম্বক বলরেখা উত্তর মেরু হইতে বাহির হয় এবং দক্ষিণ মেরুতে প্রবেশ করে। কাজেই, ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্র ও চুম্বকটির আপন ক্ষেত্রের পারস্পরিক ক্রিয়ায় উহার অক্ষ বরাবর উদাসীন বিন্দু গঠিত হইতে গেলে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ চুম্বকটি অক্ষাভিমুখী ক্ষেত্রের ঠিক বিপরীতমুখী হইবে। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে চুম্বকের উত্তর-মেরু পৃথিবীর দক্ষিণ-মেরুর দিকে এবং চুম্বকের দক্ষিণ মেরু পৃথিবীর উত্তর-মেরুর দিকে মুখ করিয়া থাকিবে। কেননা পৃথিবীর দক্ষিণ-মেরু উত্তর চুম্বক-মেরুধর্মী এবং পৃথিবীর উত্তর-মেরু দক্ষিণ চুম্বক-মেরুধর্মী।

453. চুম্বকটি ঘূর্ণনক্ষম চক্রটির নিকটবর্তী তারটিকে আকর্ষণ করিবে, কিন্তু বার্ণারের সাহায্যে উত্তপ্ত হইবার ফলে এই তারটির চৌম্বক ধর্ম লোপ পাইবে। ইহার ফলে এই তারের উপর চুম্বকের কোন আকর্ষণ থাকিবে না। এই সময় পরবর্তী তারটি উত্তপ্ত নয় বলিয়া উহা চুম্বক-কর্তৃক আকৃষ্ট হইবে। চুম্বকের আকর্ষণে এই তারটি আবার বার্ণারের শিখায় প্রবেশ করিবে এবং উত্তপ্ত হইয়া চৌম্বক ধর্ম হারাইবে। ইহার ফলে পরবর্তী তারটি চুম্বকের সম্মুখে আসিবে।

এইভাবে বার্ণারের সাহায্যে একটির পর একটি তার উত্তপ্ত হইয়া সরিয়া যাইবে। এবং পরবর্তী তারটি আসিয়া বার্ণারে প্রবেশ করিবে। ইহাতে চক্রটি ধীরে ধীরে ঘুরিতে থাকিবে।

চিত্র 268

454. যখন B পাতটিকে অশ্বক্ষুরাকৃতি চুম্বকটির সংস্পর্শে আনা হয় তখন চৌম্বক আবেশরেখাগুলির একাংশ ঐ পাতের মধ্য দিয়া সমান্তরাল পথ পাইয়া উহার মধ্য দিয়া চলিয়া যায়। ইহাতে A পাতের মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত আবেশরেখার সংখ্যা হ্রাস পায় (চিত্র 268)। ইহার ফলে চুম্বক ও A পাতের পারস্পরিক আকর্ষণ বলের মানও কমিয়া যায়। ইহাতে চুম্বকটির উত্তোলন সামর্থ্য হ্রাস পায় এবং A পাতটি পড়িয়া যায়।

455. প্রথম ক্ষেত্রে A চুম্বকের বলরেখাগুলি সোজাসুজি কাঁচা লোহার দণ্ডের মধ্য দিয়া যায়, ফলে দণ্ডটি একটি শক্তিশালী চুম্বকে পরিণত হয় (চিত্র 269)। এই সময় A চুম্বকের যে-মেরুটি কাঁচা লোহার দণ্ডের উপরের প্রান্তের সংস্পর্শে থাকে দণ্ডের নিম্নপ্রান্তে উহার সমধর্মী মেরুর উদ্ভব ঘটে। এই আবিষ্ট মেরুর আকর্ষণের ফলেই কাঁচা লোহার দণ্ডটির নিম্নপ্রান্ত কতকগুলি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র চৌম্বক পদার্থের টুকরাকে ধরিয়া রাখিতে পারে।

চিত্র 269

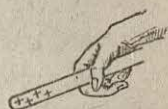
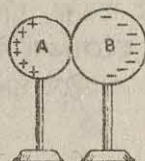
দ্বিতীয় ক্ষেত্রে চৌম্বক বলরেখাগুলির অধিকাংশই চুম্বকের সংস্পর্শে অবস্থিত দণ্ডের মধ্যে প্রবেশ করে। এক্ষেত্রে কাঁচা লোহার দণ্ডের প্রান্তের নিকট বিশেষ বলরেখা থাকে না। ফলে এই সময় লোহার দণ্ডে আবিষ্ট চুম্বকত্বের প্রভাবে উহার নিম্নপ্রান্তে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র চৌম্বক পদার্থের টুকরাগুলি বিধৃত থাকে না।

456. উষ্ণতা যথেষ্ট পরিমাণ বৃদ্ধি পাইলে লোহার চৌম্বক ধর্ম লোপ পায়। অর্থাৎ, উচ্চ উষ্ণতায় লোহা, তামা, কাচ ইত্যাদি অচৌম্বক পদার্থের ন্যায় ক্রিয়া করে। লোহার পেরেকটি যখন ঘরের উষ্ণতায় থাকে তখন উহা তড়িচ্চুম্বক কর্তৃক আকৃষ্ট হয় ফলে উহা দোল খাইয়া বার্ণারের শিখায় প্রবেশ করে। কিন্তু বার্ণারের শিখার সংস্পর্শে আসিয়া পেরেকটি যত উত্তপ্ত হইতে থাকে পেরেকের উপর চুম্বকের আকর্ষণও তত হ্রাস পাইতে থাকে এবং এক সময় চুম্বকের আকর্ষণ আর পেরেকটিকে আকর্ষণ করিয়া রাখিতে পারে না, ফলে পেরেকটি আবার উহার পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া যায়। শিখার বাহিরে চলিয়া যাইবার ফলে ইহার উষ্ণতা হ্রাস পাইতে থাকে। পেরেকটি ঠাণ্ডা হইলে উহা পুনরায় চৌম্বক ধর্ম লাভ করে। ফলে পেরেকটি পুনরায় আকৃষ্ট হইয়া চুম্বকের দিকে আগাইয়া যায় এবং বার্ণারের শিখায় প্রবেশ করে।

457. আহিত দণ্ডটিকে ধাতুর প্রলেপযুক্ত বলটির নিকট আনিলে বলটির নিকটতর প্রান্তে দণ্ডের আধানের বিপরীতধর্মী আধান এবং দূরবর্তী প্রান্তে দণ্ডের আধানের সমধর্মী আধান আবিষ্ট হয়। বলের নিকটতর প্রান্তের বিপরীতধর্মী আধানের উপর দণ্ডটি যে-আকর্ষণ বল প্রয়োগ করে তাহা দূরবর্তী প্রান্তের সমধর্মী আধানের উপর প্রযুক্ত বিকর্ষণ বল অপেক্ষা বেশি হয় বলিয়া বলটির উপর একটি লব্ধি আকর্ষণ বল ক্রিয়া করে।

আকৃষ্ট হইয়া বলটি দণ্ডের সংস্পর্শে আসিলে উহা দণ্ডের আধানের সমধর্মী আধানে আহিত হয়। সমতড়িতে আহিত বস্তু পরস্পরকে বিকর্ষণ করে বলিয়া দণ্ডটির সংস্পর্শে আসিবার পর মুহূর্তেই বলটি বিকর্ষিত হইয়া উহা হইতে দূরে সরিয়া যায়।

458. আবেশ পদ্ধতির সাহায্যে সহজেই ধাতব গোলকদ্বয়কে সমান ও বিপরীতধর্মী তড়িতে আহিত করা যাইবে। নিম্নে এই পদ্ধতির বর্ণনা করা হইল।

দুইটি ধাতব গোলক A এবং B-কে পরস্পরের সহিত স্পর্শ করাইয়া রাখা হইল। ইহার পর সিল্কে-ঘষা কাচদণ্ডটিকে এই গোলকদ্বয়ের সম্মুখে ধরা হইল (চিত্র 270)। সিল্কে-ঘষা কাচদণ্ডটি ধনাত্মক তড়িতে আহিত বলিয়া ইহা A এবং B গোলকের ইলেকট্রনগুলির উপর আকর্ষণ বল প্রয়োগ করিবে। ইহাতে কাচদণ্ডের নিকটবর্তী গোলকটি (চিত্রে B গোলকটি) ঋণাত্মক তড়িতে এবং দূরবর্তী গোলকটি (চিত্রে A গোলকটি) ধনাত্মক তড়িতে আহিত হইবে। এই অবস্থায় (অর্থাৎ, কাচদণ্ডটিকে A এবং B গোলকদ্বয়ের সন্নিকটবর্তী রাখিয়া) গোলকদ্বয়কে বিচ্ছিন্ন করিলে উহারা সমান ও বিপরীতধর্মী তড়িতে আহিত হইবে।

চিত্র 270

লক্ষণীয় যে, এই পদ্ধতি কার্যকর হইবার জন্য গোলকদ্বয়ের আকার সমান হইবার কোন প্রয়োজন নাই। এই পদ্ধতিতে গোলকদ্বয়কে আহিত করিলে উহাদের আধান সর্বদাই সমান ও বিপরীতধর্মী হইবে, কেননা একটি গোলকে যে-পরিমাণ ইলেকট্রনের আধিক্য ঘটিবে অন্যটিতে ঠিক সেই পরিমাণ ইলেকট্রনের ঘাটতি হইবে। গোলকদ্বয়ের আকার সমান না হইলেও ইহার ব্যতিক্রম ঘটিবে না।

459. মনে করি, Q মানের আধান দুইটিকে A এবং B বিন্দুতে রাখা হইয়াছে (চিত্র 271)। ইহাদের দূরত্ব r। ধরি, তৃতীয় আধান q-কে A বিন্দু হইতে x দূরত্বে C বিন্দুতে স্থাপন করা হইয়াছে।

চিত্র 271

এখন, A বিন্দুতে অবস্থিত Q আধানটি B বিন্দুতে অবস্থিত Q আধান-কর্তৃক বিকর্ষিত হয়। কাজেই, এই বিকর্ষণ বলকে প্রতিসম করিয়া A বিন্দুতে বিদ্যমান Q আধানকে সাম্যে রাখিতে হইলে এই আধানটির উপর

C বিন্দুতে অবস্থিত q আধানকে উক্ত বিকর্ষণ বলের সমান আকর্ষণ প্রয়োগ করিতে হইবে। সুতরাং, q-এর আধানের প্রকৃতি Q-এর বিপরীতধর্মী। অর্থাৎ, Q ধনাত্মক হইলে q ঋণাত্মক হইবে।

A বিন্দুতে অবস্থিত Q আধানের সাম্য বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$\frac{qQ}{x^2}=\frac{QQ}{r^2} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

C বিন্দুতে অবস্থিত আধানের সাম্য বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$\frac{Qq}{x^2}=\frac{Qq}{(r-x)^2} \text{ বা, } x^2=(r-x)^2 \text{ বা, } x=\frac{r}{2} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

সুতরাং, q আধানটিকে A এবং B বিন্দুর সংযোজী সরলরেখার মধ্যবিন্দুতে স্থাপন করিতে হইবে।

(i) নং সমীকরণে x-এর মান বসাইয়া পাই,

$$\frac{qQ}{(r^2/4)}=\frac{QQ}{r^2} \text{ বা, } 4q=Q \text{ বা, } q=\frac{Q}{4}$$

অথাৎ, q-এর মান Q-এর এক-চতুর্থাংশের সমান হইবে।

460. কোন আহিত পরিবাহীর তড়িৎ-বিভব কেবলমাত্র উহার আধানের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না, পরিবাহীর ধারকত্বের উপরও নির্ভর করে। কোন পরিবাহীর ধারকত্ব C হইলে এবং উহার আধানের পরিমাণ q হইলে পরিবাহীটির বিভব ϕ নিচের সমীকরণ হইতে পাওয়া যাইবে—

$$\phi=\frac{q}{C}$$

কাজেই, দুইটি পরিবাহীর আধানের পরিমাণ অভিন্ন হইলেই-যে উহার বিভব অভিন্ন হইবে এমন কোন কথা নাই, পরিবাহীদ্বয়ের ধারকত্ব সমান না হইলে একই পরিমাণ তড়িৎমাধানে আহিত হইয়াও ইহাদের বিভব সমান হইবে না। অর্থাৎ, সাধারণ-ভাবে বলা যায় যে, একই পরিমাণ আধানবাহী দুইটি পরিবাহীর মধ্যেও বিভব-বৈষম্য থাকিতে পারে।

দৃষ্টান্তস্বরূপ, অসমান ব্যাসার্ধবিশিষ্ট দুইটি ধাতব গোলকের কথা উল্লেখ করা যাইতে পারে। একই পরিমাণ আধান দিলে দেখা যাইবে যে, ছোট গোলকটির বিভব বড় গোলকটির বিভব অপেক্ষা বেশি হইবে, কেননা ছোট গোলকটির ধারকত্ব অপেক্ষাকৃত কম।

461. (i) তড়িৎ-ক্ষেত্রের কোন স্থানে ক্ষেত্রপ্রাবল্য (intensity) ঐ বিন্দুতে তড়িৎ-বিভবের নতির (gradient) উপর নির্ভর করে। কোন অঞ্চলে তড়িৎ-বিভব V-এর মান সর্বত্র সমান হইলে ঐ অঞ্চলে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্যের মান শূন্য হয়। উদাহরণস্বরূপ, সাম্যাবস্থায় তড়িতাহিত কোন পরিবাহীর অভ্যন্তরের সর্বত্র বিভব-বৈষম্যের মান সমান। কাজেই, সাম্যাবস্থায় তড়িতাহিত পরিবাহীর মধ্যবর্তী সকল বিন্দুতে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্যের মান শূন্য।

(ii) যে-অঞ্চলে সর্বত্র তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য E-এর মান সমান হয় সেই অঞ্চলে তড়িৎ-বিভবের মান ধ্রুবক হয়। সাম্যাবস্থায় তড়িতাহিত পরিবাহীর সর্বত্র E-এর মান শূন্য। কাজেই, পরিবাহীর উপরিস্থ সকল বিন্দুর তড়িৎ-বিভব সমান।

462. মনে করি, A, B এবং C — এই তিনটি ক্ষুদ্র আহিত গোলককে r ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি বৃত্তের পরিধির উপর এমনভাবে বসান হইল যাহাতে AB=BC=AC (চিত্র 272)

(i) A গোলকের q আধানের দরুন O বিন্দুতে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য, $F_A = \frac{q}{r^2}$, ইহা AO অভিমুখে ক্রিয়াশীল।

(ii) B গোলকের q আধানের দরুন O বিন্দুর তড়িৎ-ক্ষেত্র, $F_B = \frac{q}{r^2}$, ইহা BO অভিমুখে ক্রিয়া করে।

(iii) C গোলকের আধানের দরুন O বিন্দুতে তড়িৎ-ক্ষেত্র,

$F_C = \frac{q}{r^2}$, ইহা CO-রেখা অভিমুখে ক্রিয়াশীল।

চিত্র.272

AO অভিমুখে লব্ধি তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য

$$= F_A - F_B \cos 60^\circ - F_C \cos 60^\circ$$

$$= \frac{q}{r^2} - \frac{q}{r^2} \times \frac{1}{2} - \frac{q}{r^2} \times \frac{1}{2} = 0$$

AO-রেখার লম্বাভিমুখে লব্ধি তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য

$$= F_B \sin 60^\circ - F_C \sin 60^\circ = \frac{q}{r^2} \sin 60^\circ - \frac{q}{r^2} \sin 60^\circ = 0$$

কাজেই, O বিন্দুতে লব্ধি তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য শূন্য।

O বিন্দুতে তড়িৎ-বিভব, $\phi = \frac{q}{r} + \frac{q}{r} + \frac{q}{r} = \frac{3q}{r}$

463. যখন আহিত গোলকদ্বয় বায়ুতে অবস্থিত (চিত্র 273) তখন উহাদের মধ্যবর্তী দূরত্ব x (ধরি)। কাজেই, এই সময় আধান দুইটির মধ্যে পারস্পরিক বিকর্ষণ বল,

$$F = \frac{Q^2}{x^2} \quad \cdots \quad (i)$$

C বিন্দুতে অবস্থিত q আধানকে উক্ত বিকর্ষণ বলের সমান আকর্ষণ প্রয়োগ করিতে হইবে। সুতরাং, q-এর আধানের প্রকৃতি Q-এর বিপরীতধর্মী। অর্থাৎ, Q ধনাত্মক হইলে q ঋণাত্মক হইবে।

A বিন্দুতে অবস্থিত Q আধানের সাম্য বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$\frac{qQ}{x^2}=\frac{QQ}{r^2} \quad \cdots \quad (i)$$

C বিন্দুতে অবস্থিত আধানের সাম্য বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$\frac{Qq}{x^2}=\frac{Qq}{(r-x)^2} \quad \text{বা,} \quad x^2=(r-x)^2 \quad \text{বা,} \quad x=\frac{r}{2} \quad \cdots \quad (ii)$$

সুতরাং, q আধানটিকে A এবং B বিন্দুর সংযোজী সরলরেখার মধ্যবিন্দুতে স্থাপন করিতে হইবে।

(i) নং সমীকরণে x-এর মান বসাইয়া পাই,

$$\frac{qQ}{(r^2/4)}=\frac{QQ}{r^2} \quad \text{বা,} \quad 4q=Q \quad \text{বা,} \quad q=\frac{Q}{4}$$

অথাৎ, q-এর মান Q-এর এক-চতুর্থাংশের সমান হইবে।

460. কোন আহিত পরিবাহীর তড়িৎ-বিভব কেবলমাত্র উহার আধানের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না, পরিবাহীর ধারকত্বের উপরও নির্ভর করে। কোন পরিবাহীর ধারকত্ব C হইলে এবং উহার আধানের পরিমাণ q হইলে পরিবাহীটির বিভব ϕ নিয়ের সমীকরণ হইতে পাওয়া যাইবে—

$$\phi=\frac{q}{C}$$

কাজেই, দুইটি পরিবাহীর আধানের পরিমাণ অভিন্ন হইলেই-যে উহার বিভব অভিন্ন হইবে এমন কোন কথা নাই, পরিবাহীদ্বয়ের ধারকত্ব সমান না হইলে একই পরিমাণ তড়িদাধানে আহিত হইয়াও ইহাদের বিভব সমান হইবে না। অর্থাৎ, সাধারণ-ভাবে বলা যায় যে, একই পরিমাণ আধানবাহী দুইটি পরিবাহীর মধ্যেও বিভব-বৈষম্য থাকিতে পারে।

দৃষ্টান্তস্বরূপ, অসমান ব্যাসবিশিষ্ট দুইটি ধাতব গোলকের কথা উল্লেখ করা যাইতে পারে। একই পরিমাণ আধান দিলে দেখা যাইবে যে, ছোট গোলকটির বিভব বড় গোলকটির বিভব অপেক্ষা বেশি হইবে, কেননা ছোট গোলকটির ধারকত্ব অপেক্ষাকৃত কম।

461. (i) তড়িৎ-ক্ষেত্রের কোন স্থানে ক্ষেত্রপ্রাবল্য (intensity) ঐ বিন্দুতে তড়িৎ-বিভবের নতির (gradient) উপর নির্ভর করে। কোন অঞ্চলে তড়িৎ-বিভব V-এর মান সর্বত্র সমান হইলে ঐ অঞ্চলে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্যের মান শূন্য হয়। উদাহরণস্বরূপ, সাম্যাবস্থায় তড়িদাহিত কোন পরিবাহীর অভ্যন্তরের সর্বত্র বিভব-বৈষম্যের মান সমান। কাজেই, সাম্যাবস্থায় তড়িদাহিত পরিবাহীর মধ্যবর্তী সকল বিন্দুতে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্যের মান শূন্য।

(ii) যে-অঞ্চলে সর্বত্র তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য E-এর মান সমান হয় সেই অঞ্চলে তড়িৎ-বিভবের মান ধ্রুবক হয়। সাম্যাবস্থায় তড়িদাহিত পরিবাহীর সর্বত্র E-এর মান শূন্য। কাজেই, পরিবাহীর উপরিস্থ সকল বিন্দুর তড়িৎ-বিভব সমান।

462. মনে করি, A, B এবং C —এই তিনটি ক্ষুদ্র আহিত গোলককে r ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি বৃত্তের পরিধির উপর এমনভাবে বসান হইল যাহাতে AB=BC=AC (চিত্র 272)

(i) A গোলকের q আধানের দরুন O বিন্দুতে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য, $F_A=\frac{q}{r^2}$, ইহা AO অভিমুখে ক্রিয়াশীল।

(ii) B গোলকের q আধানের দরুন O বিন্দুর তড়িৎ-ক্ষেত্র, $F_B=\frac{q}{r^2}$, ইহা BO অভিমুখে ক্রিয়া করে।

(iii) C গোলকের আধানের দরুন O বিন্দুতে তড়িৎ-ক্ষেত্র,

$F_C=\frac{q}{r^2}$, ইহা CO-রেখা অভিমুখে ক্রিয়াশীল।

A
q
F_C
F_B
O
F_A
B
q
C
q

চিত্র.272

AO অভিমুখে লব্ধি তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য

$$=F_A-F_B\cos 60^\circ-F_C\cos 60^\circ$$

$$=\frac{q}{r^2}-\frac{q}{r^2}\times\frac{1}{2}-\frac{q}{r^2}\times\frac{1}{2}=0$$

AO-রেখার লম্বাভিমুখে লব্ধি তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য

$$=F_B\sin 60^\circ-F_C\sin 60^\circ=\frac{q}{r^2}\sin 60^\circ-\frac{q}{r^2}\sin 60^\circ=0$$

কাজেই, O বিন্দুতে লব্ধি তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য শূন্য।

O বিন্দুতে তড়িৎ-বিভব, $\phi=\frac{q}{r}+\frac{q}{r}+\frac{q}{r}=\frac{3q}{r}$

463. যখন আহিত গোলকদ্বয় বায়ুতে অবস্থিত (চিত্র 273) তখন উহাদের মধ্যবর্তী দূরত্ব x (ধরি)। কাজেই, এই সময় আধান দুইটির মধ্যে পারস্পরিক বিকর্ষণ বল,

$$F=\frac{Q^2}{x^2} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এই সময় সূতার টান T হইলে যে-কোন একটি গোলকের সাম্য বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$T \cos \frac{\theta}{2} = mg \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

m=গোলকের ভর এবং g=অভিকর্ষজ ত্বরণ

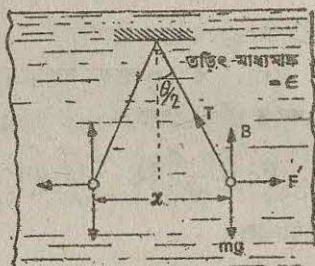
অনুরূপভাবে, $$T \sin \frac{\theta}{2} = F \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

চিত্র 273

(ii) এবং (iii) হইতে লেখা যায়, $$\tan \frac{\theta}{2} = F/mg \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

আহিত গোলকদ্বয়কে σ ঘনত্ববিশিষ্ট তরলে নিমজ্জিত করা হইলে গোলকদ্বয়ের উপর তরলের প্লবতা (B) ক্রিয়া করিবে (চিত্র 274)। এই বল ওজনের বিপরীত দিকে (অর্থাৎ, ঊর্ধ্বমুখী) ক্রিয়াশীল। কাজেই, এই সময় সূতার টান T′ হইলে যে-কোন একটি গোলকের সাম্য বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$T' \cos \frac{\theta}{2} = mg - B \quad \cdots \quad \text{(v)}$$

এবং $$T' \sin \frac{\theta}{2} = F' \quad \cdots \quad \text{(vi)}$$

চিত্র 274

এখানে, F′=তরলে নিমজ্জিত অবস্থায় গোলকদ্বয়ের পারস্পরিক বিকর্ষণ বল

$$= \frac{Q^2}{\epsilon x^2} \quad [\ \epsilon = \text{তরলের তড়িৎ-মাধ্যমাঙ্ক}\ ] \quad \cdots \quad \text{(vii)}$$

সমীকরণ (v) এবং (vi) হইতে লেখা যায়,

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{F'}{mg - B} \quad \cdots \quad \text{(viii)}$$

কাজেই, সমীকরণ (iv) এবং (viii) হইতে পাই,

$$\frac{F}{mg} = \frac{F'}{mg - B} \quad \text{বা,} \quad \frac{F}{F'} = \frac{mg}{mg - B} \quad \cdots \quad \text{(ix)}$$

কিন্তু, B=প্লবতা=$\frac{4}{3}\pi\, a^3\, \sigma g$

m=গোলকের ভর=$\frac{4}{3}\, \pi a^3 \rho$

$$\therefore \quad \frac{F}{F'} = \frac{\frac{4}{3}\pi a^3 \sigma g}{\frac{4}{3}\pi a^3\, \rho g - \frac{4}{3}\pi a^3 \sigma g} = \frac{\rho}{\rho - \sigma} \quad \cdots \quad \text{(x)}$$

আবার, (i) এবং (vii) হইতে লেখা যায়,

$$\frac{F}{F'}=\frac{Q^2/x^2}{Q^2/\epsilon x^2}=\epsilon \qquad \cdots \qquad (xi)$$

কাজেই, (x) এবং (xi) নং সমীকরণ হইতে পাই,

$$\epsilon=\frac{\rho}{\rho-\sigma}$$

● অনুরূপ প্রশ্ন : সমভাবে আহিত দুইটি সদৃশ গোলককে দুইটি সূতার সাহায্যে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। সূতা দুইটি পরস্পরের সহিত 30° কোণ করিয়া আছে। যখন এই সংস্থাটিকে 0·8 gm/c.c. ঘনত্ববিশিষ্ট তরলে নিমজ্জিত করা হয় তখনও সূতা দুইটি পরস্পর একই কোণ করিয়া থাকে। তরলটির তড়িৎ-মাধ্যমাঙ্ক কত? গোলকের উপাদানের ঘনত্ব 1·6 gm/c.c.।

[Two identically charged spheres are suspended by strings by equal length. The strings make an angle of 30° with each other. When suspended in a liquid of density 0·8 gm/c.c. the angle remains the same. What is the dielectric constant of the liquid? The density of the material of the sphere is 1·6 gm/c.c.?

(I. I. T. Adm. Test, 1967) [2]

464. তড়িৎ-ক্ষেত্রে কোন আহিত কণা থাকিলে উহার উপর তড়িৎ-বল ক্রিয়া করে। আহিত কণা সরলরেখা ধরিয়া চলিলে বুঝিতে হইবে যে, ঐ কণার উপর ক্রিয়াশীল বল উহার গতির অভিমুখে ক্রিয়া করে। বল যদি কণার গতির অভিমুখে ক্রিয়া না করিয়া অন্য কোন অভিমুখে ক্রিয়া করে তাহা হইলে কণাটি বাঁকিয়া যায়। এক্ষেত্রে তড়িৎ-বল আহিত কণার গতির অভিমুখে ক্রিয়া করে বলিয়া অনিবার্যভাবেই ঐ কণা ত্বরণ লইয়া চলিবে।

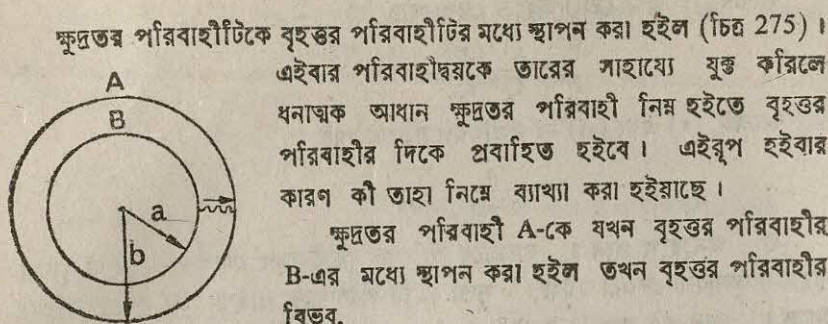
465. সাধারণত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের বলরেখার সহিত তড়িদাহিত কণার সঞ্চার-পথ সমাপতিত হয় না। সঞ্চারপথের কোন বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক ঐ বিন্দুতে কণার বেগের অভিমুখ নির্দেশ করে ; আর, বৈদ্যুতিক বলরেখার কোন বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক কণার ত্বরণের অভিমুখ নির্দেশ করে। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের বল-রেখাগুলি যদি সরলরেখা হয় এবং যদি তড়িদাহিত কণার প্রারম্ভিক বেগ বলরেখার অভিমুখী হয় কেবলমাত্র তবেই কণার সঞ্চারপথ বলরেখার সহিত সমাপাতিত হয়।

466. ধনাত্মক তড়িদাধান সর্বদা উচ্চতর বিভব হইতে নিম্নতর বিভবের দিকে প্রবাহিত হয়। কাজেই, 50 V বিভবসম্পন্ন ক্ষুদ্রতর পরিবাহীটির সহিত 100V বিভব-সম্পন্ন বৃহত্তর পরিবাহীটিকে যুক্ত করিলে ধনাত্মক তড়িদাধান সাধারণভাবে বৃহত্তর পরিবাহী হইতে ক্ষুদ্রতর পরিবাহীর দিকে যাইবে। এখন প্রশ্ন হইল, এই আহিত পরিবাহীদ্বয়কে এমন কোনভাবে রাখা যায় কিনা যাহাতে উহারা পরস্পরের সহিত যুক্ত হইলে ক্ষুদ্রতর পরিবাহী হইতে ধনাত্মক আধান বৃহত্তর পরিবাহীর দিকে প্রবাহিত হইবে?

ক্ষুদ্রতর পরিবাহীটিকে বৃহত্তর পরিবাহীটির মধ্যে স্থাপন করা হইল (চিত্র 275)।

চিত্র 275

এইবার পরিবাহীদ্বয়কে তারের সাহায্যে যুক্ত করিলে ধনাত্মক আধান ক্ষুদ্রতর পরিবাহী নিম্ন হইতে বৃহত্তর পরিবাহীর দিকে প্রবাহিত হইবে। এইরূপ হইবার কারণ কী তাহা নিম্নে ব্যাখ্যা করা হইয়াছে।

ক্ষুদ্রতর পরিবাহী A-কে যখন বৃহত্তর পরিবাহীর B-এর মধ্যে স্থাপন করা হইল তখন বৃহত্তর পরিবাহীর বিভব,

V_B = নিজস্ব আধানের দরুন বিভব + ক্ষুদ্রতর পরিবাহীর আধানের দরুন বিভব

$$=100+\frac{50a}{b} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এখানে a এবং b যথাক্রমে ক্ষুদ্রতর ও বৃহত্তর পরিবাহীর ব্যাসার্ধ।

বৃহত্তর পরিবাহীটির মধ্যে স্থাপিত অবস্থায় ক্ষুদ্রতর পরিবাহী A-এর বিভব,

V_A = নিজস্ব আধানের দরুন বিভব + বড় পরিবাহীর আধানের দরুন বিভব

$$=(50+100) \text{ volts} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

কাজেই, $V_A-V_B=50\left(1-\frac{a}{b}\right)$

এখন, $a<b$ বলিয়া $\frac{a}{b}<1$,

V_A-V_B = একটি ধনাত্মক রাশি বা, $V_A>V_B$

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, ক্ষুদ্রতর পরিবাহীকে বৃহত্তর পরিবাহীর মধ্যে স্থাপন করিলে ক্ষুদ্রতর পরিবাহীর বিভব (V_A) বৃহত্তর পরিবাহীর বিভব (V_B) অপেক্ষা বেশি হইবে। কাজেই, এই অবস্থায় পরিবাহীদ্বয় পরস্পর যুক্ত হইলে ধনাত্মক আধান ক্ষুদ্রতর পরিবাহী হইতে বৃহত্তর পরিবাহীর দিকে প্রবাহিত হইবে।

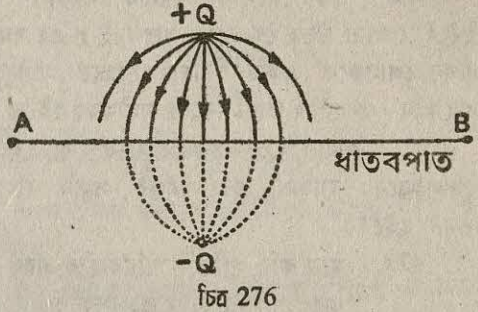
467. কাচের স্ট্যাণ্ডে রক্ষিত কোন অন্তরিত ধাতব গোলকের সম্মুখে ধনাত্মক তড়িদাহিত কোন বস্তু আনা হইলে গোলকটি ধনাত্মক বিভব লাভ করে ; কিন্তু ইহার মোট আধানের পরিমাণ শূন্য থাকে। ধনাত্মক আধানের নৈকট্যই এই ধনাত্মক বিভবের কারণ। উক্ত ধনাত্মক আধানকে সম্মুখে রাখিয়া গোলকটিকে পৃথ্বীযুক্ত করিলে উহার মুক্ত ধনাত্মক আধান পৃথিবীতে চলিয়া যায় (প্রকৃতপক্ষে পৃথিবী হইতে কিছু সংখ্যক ইলেকট্রন গোলকে আসে)। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, ধনাত্মক আধানের উপস্থিতির ফলে গোলকটি পৃথিবীর সাপেক্ষে ধনাত্মক বিভব লাভ করিয়াছে।

468. যখন স্থির গোলকটিকে কোন আধানের সাহায্যে তড়িদাহিত করা হয় তখন অপর গোলকটির নিকটবর্তী প্রান্তে বিপরীতধর্মী আধান এবং দূরবর্তী প্রান্তে সমধর্মী আধান আবিষ্ট হয়। আবিষ্ট বিপরীত আধান স্থির গোলকটির নিকটবর্তী

বলিয়া উহার উপর ক্রিয়াশীল আকর্ষণ-বল দূরবর্তী প্রান্তে আবিষ্ট সমধর্মী আধানের উপর ক্রিয়াশীল বিকর্ষণ-বল অপেক্ষা বেশি। কাজেই, স্থির গোলকটি আহিত হইলে অপর গোলকটির উপর একটি অসম (unbalance) আকর্ষণ-বল ক্রিয়া করিবে। ফলে গোলকটি স্থির গোলকের দিকে ত্বরণ লইয়া অগ্রসর হইতে থাকিবে।

469. নিম্নোক্ত দুইটি সত্যের ভিত্তিতে এক্ষেত্রে বৈদ্যুতিক বলরেখাগুলি অঙ্কন করা যায়।

(i) AB ধাতব পাতটি সমবিভবসম্পন্ন বলিয়া, অর্থাৎ AB তল একটি সমবিভব তল (equipotential surface) বলিয়া বৈদ্যুতিক রেখাগুলি উহাকে লম্বভাবে ছেদ করিবে (চিত্র 276)।

চিত্র 276

(ii) বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের স্বরূপ নির্ধারণের জন্য AB তলের যে-পার্শ্বে +Qআধান রহিয়াছে উহার বিপরীত পার্শ্বে AB তল হইতে একই দূরত্বে ঐ আধানের সমান এবং বিপরীত প্রকৃতির প্রতিবিম্ব-আধান (image charge)-Q অবস্থিত—এইরূপ ধরিয়া লওয়া যায়।

276 নং চিত্রে একটানা রেখার সাহায্যে বৈদ্যুতিক বলরেখাগুলি দেখান হইয়াছে।

470. হাঁ, স্বর্ণপত্র তড়িৎ-বীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরিবর্তী তড়িৎ-বাহী বর্তনীর তড়িৎ-বিভবও মাপা যায়। আমরা জানি যে, আধানের প্রকৃতি (অর্থাৎ, ধনাত্মক বা ঋণাত্মক) যাহাই হউক না কেন, তড়িৎ-বীক্ষণ যন্ত্রের পত্রদ্বয় সর্বদাই পরস্পরকে বিকর্ষণ করে, ফলে উহারা পরস্পর হইতে দূরে সরিয়া যায়। সুতরাং কোন পরিবর্তী তড়িৎ-বিভবের দুইটি অর্ধপর্যায়েই, তড়িৎ-বীক্ষণ যন্ত্রের পত্রদ্বয় পরস্পর বিকর্ষিত হয়। কাজেই, পূর্ণ পর্যায়ে পত্রদ্বয়ের উপর ক্রিয়াশীল গড় বিকর্ষণ বলের মান শূন্য হয় না। ইহার ফলে পত্রদ্বয়ের বিস্ফারণ ঘটে। এই বিস্ফারণের মান পরীক্ষাধীন পরিবর্তী বিভবের উপর নির্ভর করে।

471. E তড়িচ্চালক বলবিশিষ্ট ব্যাটারী ধারক C-কে একটি নির্দিষ্ট বিভব-বৈষম্য V-তে আহিত করে। ইহার পর ধারক C এবং রোধ R_3-এর মধ্য দিয়া কোন তড়িৎ-প্রবাহ যায় না। এই সময় R_1 এবং R_2-এর মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ যায়। AB ধারক-বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ হইয়া গেলে R_3 রোধে কোন বিভব-পতন ঘটে না। সুতরাং এই সময় ধারক C-এর দুই প্রান্তের বিভব বৈষম্য A এবং B বিন্দুর বিভব-বৈষম্যের সমান হইবে। কিন্তু A এবং B বিন্দুর বিভব-বৈষম্য R_2-রোধে বিভব-পতনের সমান। ওহ্‌মের সূত্রানুসারে, R_1 ও R_2 রোধের মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহ, $i=\dfrac{E}{R_1+R_2}$

এই তড়িৎ-প্রবাহ R_2 রোধের দুই প্রান্তে যে-বিভব-বৈষম্য সৃষ্টি করে উহার মান (অর্থাৎ, A এবং B বিন্দুর বিভব-বৈষম্য)

$$V = iR_2 = \frac{ER_2}{R_1 + R_2}$$

ইহাই ধারকটির দুই পাতের অন্তিম বিভব-বৈষম্য।

472. উভয় গোলকের ব্যাসার্ধ সমান। কাজেই ইহাদের ধারকত্বও সমান হইবে, কেননা উভয় গোলকের ধারকত্বই r-এর সমান (r=গোলকদ্বয়ের ব্যাসার্ধ)। এখন, গোলককে একটি নির্দিষ্ট বিভবে আহিত করিলে গোলকের আধান Q-এর মান কত হইবে তাহা নিম্নের সমীকরণ হইতে পাওয়া যায়।

আধান, Q=ধারকত্ব×বিভব বা, $Q = r\phi$ (ϕ=গোলকের বিভব)

গোলকদ্বয়ের ব্যাসার্ধ এবং বিভব সমান বলিয়া উহাদের আধানের পরিমাণও সমান হইবে।

473. মনে করি, প্রতিটি পরিবাহীর ধারকত্ব $= c$

এবং A পরিবাহীর প্রাথমিক আধান$=q$

A এবং B পরিবাহীদ্বয় পরস্পর যুক্ত হইলে q আধানকে সমান ভাগে ভাগ করিয়া লইবে। এই আধান আদান-প্রদানের পর A এবং B– ইহাদের উভয়ের আধানের পরিমাণ হইবে $q/2$। ইহার পর A পরিবাহীকে পুনরায় C-এর সংস্পর্শে আনা হইল। ইহার ফলে A এবং C পরিবাহীর আধানের পরিমাণ হইবে $q/4$। আমরা জানি যে, কোন পরিবাহীর শক্তি=$\frac{1}{2}$×ধারকত্ব× (তড়িদাধানের পরিমাণ)^2। কাজেই, আধান আদান-প্রদানের পর

(i) A-পরিবাহীর শক্তি, $E_A = \frac{1}{2}c.\left(\frac{q}{4}\right)^2$

(ii) B-পরিবাহীর শক্তি, $E_B = \frac{1}{2}c.\left(\frac{q}{2}\right)^2$

এবং (iii) C-পরিবাহীর শক্তি, $E_C = \frac{1}{2}c.\left(\frac{q}{4}\right)^2$

আবার, A পরিবাহীর প্রাথমিক শক্তি, $E = \frac{1}{2}cq^2$

কাজেই, $E : E_A : E_B : E_C = 1 : \frac{1}{16} : \frac{1}{4} : \frac{1}{16} = 16 : 1 : 4 : 1$

474. আমরা জানি, যে, শূন্যস্থানে বা বায়ুতে কোন গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব উহার ব্যাসার্ধের সমান। কাজেই, প্রথম এবং দ্বিতীয় গোলকের ধারকত্ব যথাক্রমে r এবং r'।

আমরা জানি যে, কোন পরিবাহীর ধারকত্ব$=\frac{\text{আধান}}{\text{বিভব}}$

বা, আধান=ধারকত্ব×বিভব

কাজেই, প্রথম গোলকটির আধানের পরিমাণ$=rv$

এবং দ্বিতীয় গোলকটির আধানের পরিমাণ $= r'v'$

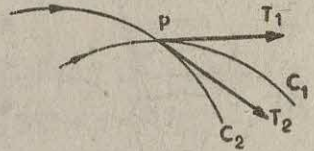
কাজেই, গোলকদ্বয়ের মোট আধান$=(rv+r'v')$

আমরা জানি যে, যখন প্রথম গোলকটিকে দ্বিতীয় গোলকটির মধ্যে প্রবেশ করাইয়া উহার সহিত স্পর্শ করান হয়, তখন প্রথম গোলকটির (অর্থাৎ, আভ্যন্তরীণ গোলকটির) সমস্ত আধানই দ্বিতীয় গোলকের বহিঃপৃষ্ঠে চলিয়া আসে। কাজেই, প্রথম গোলকটিকে দ্বিতীয় গোলকটির আভ্যন্তরীণ পৃষ্ঠের সংস্পর্শে আনিবার পর দ্বিতীয় গোলকটির বহিঃপৃষ্ঠের মোট আধানের পরিমাণ $(rv+r'v')$ এবং প্রথম গোলকের আধান শূন্য হইবে।

$$\text{কাজেই, দ্বিতীয় গোলকের চূড়ান্ত বিভব}=\frac{\text{আধান}}{\text{ধারকত্ব}}$$

$$=\frac{(rv+r'v')}{r'}=\left(v'+\frac{r}{r'}.v\right)$$

প্রথম পরিবাহী গোলকটি দ্বিতীয় গোলকের সহিত যুক্ত বলিয়া ইহার বিভবও দ্বিতীয় গোলকের বিভবের সমান হইবে।

475. আমরা জানি যে, বৈদ্যুতিক বলরেখার কোন বিন্দুতে স্পর্শক টানিলে ঐ স্পর্শক উক্ত বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের প্রাবল্যের অভিমুখ নির্দেশ করে। কোন নির্দিষ্ট বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের অভিমুখ নির্দিষ্ট বলিয়া একই বিন্দু দিয়া দুইটি বলরেখা যাইতে পারে না। মনে করা যাক, কোন বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের একই বিন্দু P-তে দুইটি বলরেখা C_1 এবং C_2 পরস্পরকে ছেদ করিয়াছে (চিত্র 277)। P-বিন্দুতে C_1-এর উপর স্পর্শক PT_1 টানিলে বলরেখার সংজ্ঞানুসারে উহা ঐ বিন্দুতে প্রাবল্যের অভিমুখ নির্দেশ করিবে। অনুরূপভাবে, C_2-বলরেখাটিও P বিন্দু দিয়া গিয়াছে বলিয়া P বিন্দুতে C_2-এর উপর অঙ্কিত স্পর্শক PT_2-ও ঐ বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের প্রাবল্যের অভিমুখ নির্দেশ করিবে। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে দুইটি বলরেখা পরস্পরকে ছেদ করিলে ঐ বিন্দুতে প্রাবল্যের দুইটি অভিমুখ থাকিবে। কিন্তু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের একই বিন্দুতে প্রাবল্যের অভিমুখ কখনই একাধিক হইতে পারে না। কাজেই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, দুইটি বলরেখা কখনই পরস্পরকে ছেদ করে না।

চিত্র 277

476. মনে করি, N-সংখ্যক পারদবিন্দুর প্রতিটির ব্যাসার্ধই r এবং উহারা একত্রে মিলিত হইয়া যে-বৃহৎ পারদ বিন্দুটি গঠন করে উহার ব্যাসার্ধ R। সুতরাং লেখা যায়,

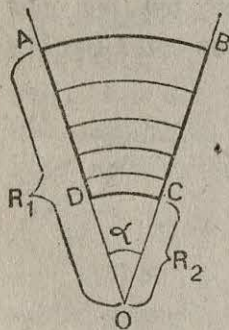
$$N\tfrac{4}{3}\pi r^3=\tfrac{4}{3}\pi R^3 \quad \text{বা,} \quad R=r.\sqrt[3]{N} \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

প্রতিটি ক্ষুদ্র পারদবিন্দুতে সঞ্চিত তড়িদাধান, $q=CV'=r\ V$, কেননা, গোলকের ধারকত্ব C-এর মান উহার ব্যাসার্ধের সমান। কাজেই, N-সংখ্যক পারদবিন্দুতে মোট আধান, $Q=NrV$ $\qquad \cdots$ (ii)

এখন, ক্ষুদ্র পারদ বিন্দুগুলি মিলিত হইয়া যখন একটি বৃহদাকার পারদবিন্দু গঠন করে তখন মোট তড়িদাধানের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। সুতরাং, বৃহদাকার পারদবিন্দুটির বিভবকে V' ধরিলে লেখা যায়, $RV'=NrV$

$$r.\sqrt[3]{N}.\ V'=NrV \quad [(i)\text{ হইতে }] \quad \text{সুতরাং, } V'=\sqrt[3]{N^2}.\ V$$

477. আলোচ্য তড়িৎ-ক্ষেত্রে এমন একটি ক্ষুদ্র আবদ্ধ পথ ABCD কল্পনা করা হইল যাহাতে উহার AB এবং CD রেখাদ্বয় দুইটি সমকেন্দ্রিক বৃত্তচাপের আকৃতির বলরেখার উপর সমাপতিত হয় এবং যাহাতে BC এবং DA রেখাদ্বয় ঐ বৃত্তাংশগুলির দুইটি অরীয় রেখা (radial lines) বরাবর থাকে (চিত্র 278)।

তড়িৎ-ক্ষেত্রের একটি ক্ষুদ্র অংশে বলরেখাগুলি প্রায় সমান্তরাল। এখন, AB ও CD রেখাদ্বয় ক্ষুদ্র বলিয়া এই দুই রেখা বরাবর তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্যের মান ধ্রুবক হইবে। মনে করি, AB রেখা বরাবর তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য E_1 এবং DC রেখা বরাবর তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য E_2। সুতরাং একটি একক ধনাত্মক তড়িদাধানকে A হইতে B বিন্দুতে লইয়া যাইতে যে-পরিমাণ কার্য করিতে হয় উহার মান$=E_1R_1\alpha$, এখানে R_1 হইল AB রেখার ব্যাসার্ধ। অনুরূপভাবে একক ধনাত্মক আধানকে D হইতে C বিন্দুতে আনিতে কৃত কার্য $=E_2R_2\alpha$।

চিত্র 278

BC রেখাটি বলরেখার সহিত লম্বভাবে অবস্থিত বলিয়া কোন তড়িদাধানকে B হইতে BC রেখা বরাবর C বিন্দুতে আনিতে যে-কার্য করিতে হয় উহার মান শূন্য। অনুরূপভাবে, কোন আধানকে DA রেখা বরাবর D হইতে A বিন্দুতে আনিতে কৃত কার্যের পরিমাণ শূন্য।

সুতরাং একক আধানকে A বিন্দু হইতে আবদ্ধ ABCDA বরাবর লইয়া গিয়া পুনরায় A বিন্দুতে ফিরিয়া আসিলে মোট যে-পরিমাণ কার্য হয় উহার পরিমাণ

$$W=E_1R_2\alpha-E_2R_2\alpha$$

কিন্তু, আমরা জানি যে, স্থির বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রে কোন আধানকে একটি আবদ্ধ পথে ঘুরাইয়া আনিতে মোট যে-কার্য করিতে হয় উহার মান শূন্য। কাজেই,

$$W=E_1R_1\alpha-E_2R_2\alpha=0$$

$$\text{বা, } \quad \frac{E_1}{E_2}=\frac{R_2}{R_1} \qquad \text{বা, } \quad E\propto\frac{1}{R}$$

সুতরাং, কোন বিন্দুতে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য O বিন্দু হইতে ঐ বিন্দুর দূরত্বের ব্যস্তানুপাতিক।

478. মনে করি, r ব্যাসার্ধবিশিষ্ট আহিত গোলকের আধান$=q$

সুতরাং, ইহার প্রাথমিক শক্তি $= \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{q^2}{r}$,

কারণ গোলকের ধারকত্ব C উহার ব্যাসার্ধ r-এর সমান।

দ্বিতীয় গোলকটি প্রথমে অনাহিত বলিয়া ইহার প্রাথমিক বৈদ্যুতিক শক্তি=0

কাজেই, গোলকদ্বয়ের মোট প্রাথমিক শক্তি (অর্থাৎ, পরস্পর যুক্ত হইবার পূর্ববর্তী শক্তি)

$$= \frac{1}{2}\frac{q^2}{r} + 0 = \frac{1}{2}\frac{q^2}{r} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

চিত্র 279

ধরা যাক যে, গোলকদ্বয়কে পরস্পর যুক্ত করিবার পর প্রথম গোলকের আধান q_1 এবং দ্বিতীয় গোলকের আধান q_2 এবং ইহাদের সাধারণ বিভব$=\phi$ (চিত্র 279)।

কাজেই লেখা যায়, $q_1 = r\,\phi$ এবং $q_2 = r'\,\phi$

আধানের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লিখিতে পারি যে, $q = q_1 + q_2 = (r + r')\phi$

$$\therefore \quad \phi = \frac{q}{(r+r')} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

সুতরাং, গোলকদ্বয়ের সম্মিলিত ধারকত্বের মান $(r+r')$ [সমীকরণ (ii) হইতে]। কাজেই গোলকদ্বয়ের অন্তিম (অর্থাৎ, পরস্পর যুক্ত হইবার পর) শক্তি

$$= \frac{1}{2}\frac{q^2}{(r+r')} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (iii) হইতে লেখা যায়,

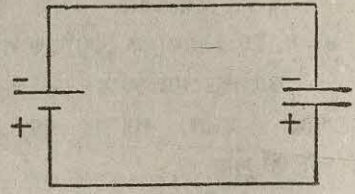
$$\frac{\text{প্রাথমিক শক্তি}}{\text{অন্তিম শক্তি}} = \frac{1}{2}\frac{q^2}{r} \Big/ \frac{1}{2}\frac{q^2}{(r+r')} = \frac{(r+r')}{r}$$

479. + 10,000 volt বিভবসম্পন্ন গোলকের অভ্যন্তরস্থ সকল বিন্দুর বিভব + 10,000 volt-এর সমান। যখন নিম্নতর বিভবসম্পন্ন একটি ক্ষুদ্র ধাতব বলকে এই উচ্চতর বিভবসম্পন্ন ফাঁপা গোলকটির মধ্যে প্রবেশ করান হয় তখন কিছু পরিমাণ কার্য করিতে হয়। ক্ষুদ্র বলটি ফাঁপা গোলকে প্রবিষ্ট হইলে বলটিও + 10,000 volt বিভব লাভ করে। কাজেই, যখন বলটিকে ফাঁপা গোলকটির আভ্যন্তরীণ পৃষ্ঠের সংস্পর্শে আনা হয় তখন আধান একই বিভবে (+ 10,000 volt) অবস্থিত আভ্যন্তরীণ পৃষ্ঠ হইতে বহিঃপৃষ্ঠে চলিয়া যায়।

480. ধারকের পাতদ্বয়ের পারস্পরিক আকর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কৃত কার্য সঞ্চয়কের শক্তি বৃদ্ধি করে। ধারকের পাতে সঞ্চিত আধান

$$Q = C\,V = \frac{AV}{4\pi d} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

d = পাতদ্বয়ের দূরত্ব, A = পাতদ্বয়ের ক্ষেত্রফল এবং V = পাতদ্বয়ের বিভব-বৈষম্য।

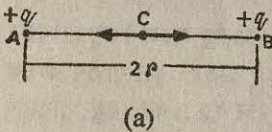
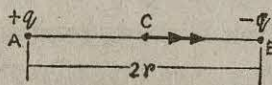
ধারকের পাত দুইটি সর্বদা সঞ্চয়ক কোষের সহিত যুক্ত রহিয়াছে বলিয়া উহাদের উপর প্রযুক্ত বিভব-বৈষম্য V স্থির থাকে। কাজেই, পাতদ্বয়ের দূরত্ব d বৃদ্ধি পাইলে ধারকের পাতে সঞ্চিত আধান Q-এর মান হ্রাস পায়। ইহাতে ধারকটি আংশিকভাবে অনাহিত (discharged) হয় এবং বর্তনীর মধ্য দিয়া একটি তড়িৎ-প্রবাহ চলে। 280 নং চিত্রে তীরচিহ্নের সাহায্যে এই তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ দেখানো হইয়াছে। এই তড়িৎ-প্রবাহের ফলে সঞ্চয়ক কোষটি আহিত (charged) হয়।

চিত্র 280

যখন ধারকের পাতদ্বয়কে পরস্পর হইতে দূরে সরান হয় তখন ধারকের মধ্যবর্তী তড়িৎ-ক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তি W-এর মান কমিতে থাকে। আমরা জানি যে, ধারকে সঞ্চিত শক্তি,

$$W = \frac{1}{2} CV^2 \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

এখন, যদি V স্থির থাকে এবং C হ্রাস পায় তাহা হইলে W-এর মানও কমে। ইহাতে ধারক হইতে যে-শক্তি মুক্ত হয় উহাও সঞ্চয়ক কোষকে আহিত করিতে ব্যয়িত হয়।

অর্থাৎ, পাত দুইটিকে পরস্পর হইতে দূরে সরাইতে উহাদের পারস্পরিক আকর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কৃত কার্য এবং ধারকের সঞ্চিত শক্তির একাংশ সঞ্চয়ক কোষে সঞ্চিত শক্তি বৃদ্ধি করে।

481. তড়িৎ-ক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে প্রাবল্যের মান ঐ স্থানে তড়িৎ-বিভবের নতিমাত্রার সমান (ঋণাত্মক চিহ্নসহ)। কোন তড়িৎ-ক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে বিভবের নতিমাত্রা শূন্য হইলে ঐ বিন্দুতে বিভবের মানও শূন্য হইবে এইরূপ কোন কথা নাই। অর্থাৎ, কোন বিন্দুতে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য শূন্য হইলেও ঐ স্থানের তড়িৎ-বিভবের মান শূন্য হইতে ভিন্ন হইতে পারে। একটি উদাহরণ দেওয়া যাক। A এবং B বিন্দুতে $+q$ পরিমাণ আধান রাখা হইল (চিত্র 281 a)। ইহাদের মধ্যবর্তী দূরত্ব $=2r$ (ধরি)।

চিত্র 281

স্পষ্টতই, AB সরলরেখার মধ্যবিন্দু C-তে তড়িৎ-ক্ষেত্রে প্রাবল্যের মান শূন্য, কেননা, A বিন্দুতে অবস্থিত $+q$ আধানের দরুন C বিন্দুতে প্রাবল্য এবং B বিন্দুতে অবস্থিত $+q$ আধানের দরুন C বিন্দুতে প্রাবল্য পরস্পর সমান এবং বিপরীতমুখী।

কিন্তু C বিন্দুতে তড়িৎ-বিভব $= \frac{q}{r} + \frac{q}{r} = \frac{2q}{r}$

কাজেই, C বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য হইলেও বিভব শূন্য নয়।

আবার, কোন বিন্দুতে বিভব শূন্য হইলেও প্রাবল্যের মান শূন্য হইতে ভিন্ন হইতে পারে।

নিম্নে একটি উদাহরণ দেওয়া হইল। মনে করি, A এবং B বিন্দুতে যথাক্রমে $+q$ এবং $-q$ আধান রাখা হইয়াছে (চিত্র 281 b)। উহাদের মধ্যবর্তী দূরত্ব $=2r$

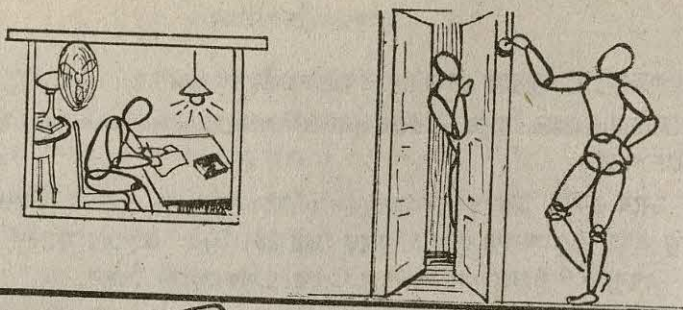
এখন, AB সরলরেখার মধ্যবিন্দু C-তে তড়িৎ-ক্ষেত্রের বিভব,

$$\phi_c = \frac{q}{r} - \frac{q}{r} = 0$$

কিন্তু C বিন্দুতে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্যের মান শূন্য নয়। A বিন্দুতে অবস্থিত $+q$ আধানের দরুন তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য এবং B বিন্দুতে অবস্থিত $-q$ আধানের দরুন তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য একই অভিমুখে ক্রিয়াশীল। কাজেই, C বিন্দুতে তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রাবল্য

$$E_c = \frac{q}{r^2} + \frac{q}{r^2} = \frac{2q}{r^2}$$

এই প্রাবল্য C হইতে B অভিমুখে ক্রিয়াশীল।

প্রশ্নাবলী

তড়িৎ-কোষ, তড়িৎ-প্রবাহ এবং ওহ্‌মের সূত্র

482. বিভব-বৈষম্যের ফলে তড়িদাধানের প্রবাহ তাপ-প্রবাহের সদৃশ তাহা দেখাইবার জন্য তাপ-প্রবাহ সম্পর্কিত

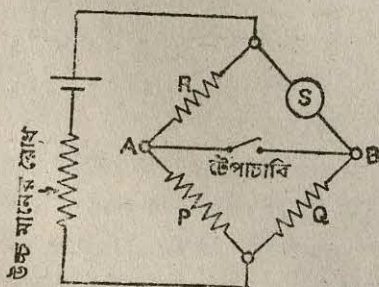
$$\frac{Q}{t}=KA\left(\frac{\theta_1-\theta_2}{l}\right)$$

এই সমীকরণটির অনুরূপ একটি সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। তাপ-প্রবাহের ক্ষেত্রে বৈদ্যুতিক রোধের সদৃশ রাশিটি কী?

[Derive an equation which shows how the flow of charge caused by a potential difference is analogous to the heat flow equation

$$\frac{Q}{t}=KA\left(\frac{\theta_1-\theta_2}{l}\right)$$

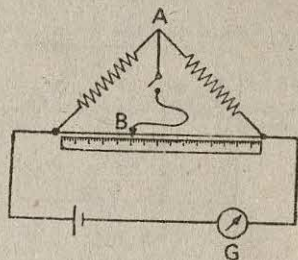
What is the quantity in case of heat flow that is analogous to electrical resistance ?]

483. 282 নং চিত্রের বর্তনীটি লক্ষ্য কর। ইহাতে গ্যালভানোমিটারের রোধ S পরিমাপ করিতে হইবে। অন্য কোন প্রবাহমাপক যন্ত্র নাই। ব্রিজ বর্তনীটি প্রতিসম অবস্থায় আসিয়াছে কিনা তাহা কীরূপে বুঝিবে?

চিত্র 282

[Refer to the circuit shown in Fig. 282 in which the galvanometer resistance S is to be measured. No other galvanoscope is available. How would you know whether the balance condition for the bridge circuit had been achieved ?]

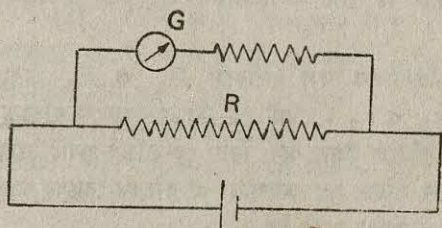
484. কোন রোধ মাপিবার জন্য ব্রিজ বর্তনীতে ভুলবশত চাবি এবং গ্যালভানো-

মিটারকে 283 নং চিত্রের অনুরূপভাবে যুক্ত করা হইল। যদি বন্ধ করার সময় এবং খোলার সময় গ্যালভানোমিটারের পাঠ লওয়া হয় তাহা হইলে ব্রিজ বর্তনীকে কীভাবে প্রতিসম অবস্থায় আনা যায় ?

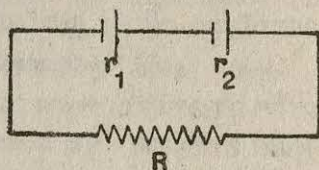
[In the bridge circuit for the measuring resistance, the galvanometer and the key were connected by mistake as shown in Fig. 283. How can the bridge be adjusted to equilibrium if one observes the galvanometer reading during the opening and closing of the key ?]

চিত্র 283

485. বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্ট ওহ্মের সূত্র মানিয়া চলে কিনা তাহা পরীক্ষা করিবার অসুবিধা সম্পর্কে আলোচনা কর।

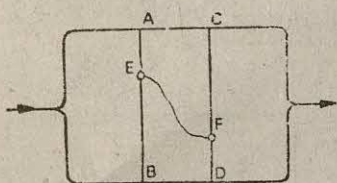
[Discuss the difficulties of testing whether the filament of an electric lamp obey's Ohm's law.]

486. 284 নং চিত্রে অঙ্কিত বর্তনীতে রোধ R বাড়ান হইল। ব্যাটারীর আভ্যন্তরীণ রোধ (i) শূন্য হইলে এবং (ii) সসীম হইলে গ্যালভানোমিটার G-এর পাঠের কীরূপ পরিবর্তন হইবে ?

চিত্র 284

[In the circuit shown in Fig. 284 the resistance R is increased. What will be the effect on the galvanometer (G) reading if the internal resistance of the battery is (i) zero and (ii) finite ?]

487. দুইটি তড়িৎ-কোষকে একটি বহিঃস্থ রোধ R-এর সহিত শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত করা হইল (চিত্র 285)। কোষদ্বয়ের আভ্যন্তরীণ রোধ r_1 এবং r_2 ; ইহাদের প্রতিটির তড়িচ্চালক বল E। R-এর কী এইরূপ কোন মান নির্বাচন করা যায় যাহাতে প্রথম তড়িৎ-কোষটির দুই প্রান্তের বিভব-বৈষম্য শূন্য হইবে ?

চিত্র 285

[Two cells are connected in series with an external resistance R (Fig. 285). The internal resistance of the cells are r_1 and r_2. The electromotive force of each cell is E. Can a value of R be selected such that the potential difference at the terminals of the first cell should be zero ?]

488. একটি শাখাসম্পন্ন বর্তনীর মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ যাইতেছে (চিত্র 286)। ইহার সহিত দুইটি পরিবাহী AB এবং CD যুক্ত করা হইল। A, B, C এবং D বিন্দুগুলির অবস্থান এইরূপভাবে নির্বাচিত হইল যাহাতে AB এবং CD পরিবাহীদ্বয়ের মধ্যে কোন তড়িৎ-প্রবাহ না থাকে। ইহার পর এই পরিবাহীদ্বয়কে EF তার দ্বারা যুক্ত করা হইল। EF তারের মধ্য দিয়া এবং AB ও CD- পরিবাহীর মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চলিবে কি ? E এবং F বিন্দুর বিভব কী হইবে ?

চিত্র 286

[Two conductors AB and CD are connected to a branched circuit through which current is flowing (Fig. 286). The positions of the points A, B, C and D are chosen so that there is no current in these conductors. These two bridges are then connected by a wire EF. Does current now flow through the wire EF and through the conductors AB and CD ? What is the potential of the points E and F ?]

489. দুইটি তড়িৎ-কোষের তড়িচ্চালক বল যথাক্রমে E_1 ও E_2 এবং ইহাদের আভ্যন্তরীণ রোধ যথাক্রমে r_1 ও r_2। এই দুই তড়িৎ-কোষকে বহিঃস্থ রোধ R-এর সহিত শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত করিলে উহার মধ্য দিয়া যে-তড়িৎ-প্রবাহ চলে তাহার মান কোষদ্বয়ের যে-কোন একটির সহিত যুক্ত অবস্থায় ঐ বহিঃস্থ রোধের মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহ অপেক্ষা কম হওয়া সম্ভব কি ?

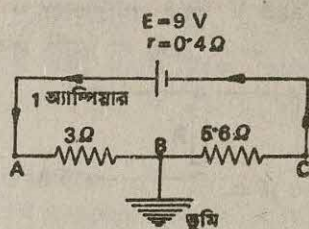
[Is it possible for two cells of respective e. m. f. E_1 and E_2, and respective internal resistances r_1 and r_2 to produce a weaker current when connected in series to an external resistance R than one of the cells by itself, connected to the same resistance ?]

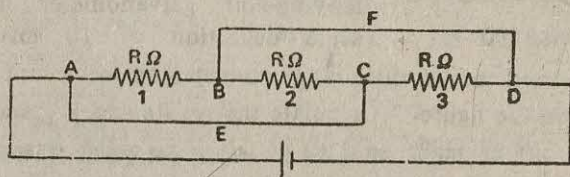
490. একটি বৈদ্যুতিক বাতিকে 10 ভোল্ট ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া 0·01 অ্যাম্পিয়ার প্রবাহমাত্রা পাওয়া গেল। বাতিটিকে 220 ভোল্ট মেইন্‌স্-এর সহিত যুক্ত করিলে প্রবাহমাত্রার স্থির মান হয় 0·05 অ্যাম্পিয়ার। ওহ্‌মের সূত্রের সহিত এই আপাত বিরোধের ব্যাখ্যা দাও।

[A bulb is connected to a battery of electromotive force 10 volt and the current is found to be 0·01 amp. When the bulb is connected to 220 volt mains, the steady current is 0·05 amp. Explain this apparent disagreement with Ohm's law.]

(Jt. Entrance, 1980)

491. 287 নং চিত্রের বর্তনীর A এবং C বিন্দুর বিভব নির্ণয় কর।

[Find the potentials of the points A and C of the circuit shown in Fig. 287]

চিত্র 287

492. 288 নং চিত্রের বর্তনীটির রোধ নির্ণয় কর। সংযোগকারী তার AEC এবং BFD-এর রোধ উপেক্ষা কর।

চিত্র 288

[Find the resistance of the circuit shown in Fig. 288. Neglect the resistances of the connecting wires AEC and BFD.]

493. কোন্ শর্তে n-সংখ্যক সদৃশ রোধকে শ্রেণী-সমবায়ে এবং সমান্তরাল সমবায়ে একটি তারের সহিত যুক্ত করিলে দুই ক্ষেত্রেই তারের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের মান সমান হয় ?

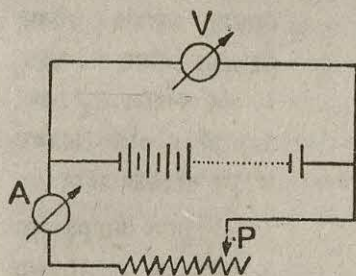
[In what conditions will the strength of current in a wire be the same for connection in series and connection in parallel of n identical cells ?]

494. একটি টর্চকে একটানা জ্বালাইয়া রাখিলে উহার আলোর তীব্রতা কমিয়া যাইবে দেখা যায়। টর্চটি নিভাইয়া কিছুক্ষণ পর পুনরায় উহাকে জ্বালাইলে দেখা যায় যে, উহার তীব্রতা পূর্বের ন্যায় হইয়াছে। ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

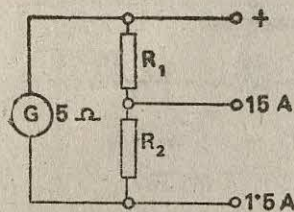
[A torch light, switched on continuously, shows a decrease of intensity. After being switched off for some time and switched on again, the light regains its intensity. Explain this.]

(Jt. Entrance, 1980)

চিত্র 289

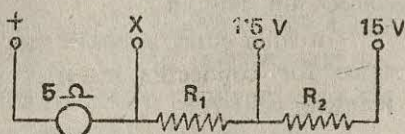
495. একটি ব্যাটারীকে 289 নং চিত্রের অনুরূপ বর্তনীতে যুক্ত করিয়া উহার তড়িচ্চালক বল নির্ণয় করা সম্ভব হয় কি ? A হইল একটি অ্যাম্মিটার এবং V হইল একটি ভোল্টমিটার।

[Is it possible to determine the e. m. f. of a battery by connecting

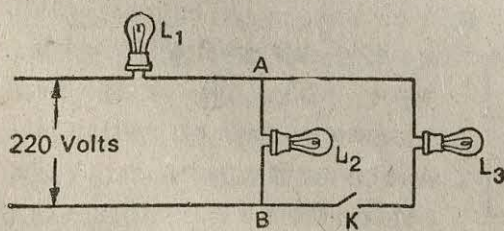
the instruments as shown in Fig. 289, where A is an ammeter and V is a voltmeter ?]

496. 290 নং চিত্রটি লক্ষ্য কর। এখানে চলকুণ্ডলী গ্যালভানোমিটারটির পূর্ণ স্কেল বিক্ষেপ ঘটে 10 mA তড়িৎ-প্রবাহে। চিত্রের অনুরূপভাবে সান্টের সাহায্যে ইহাকে দুই-পাল্লাবিশিষ্ট অ্যামিটারে রূপান্তরিত করা হইয়াছে। R_1 এবং R_2 রোধদ্বয়ের মান নির্ণয় কর।

চিত্র 290

[Refer to the Fig. 290, in which the moving-coil galvanometer has a full scale deflection of 10 mA. It has been converted to a dual-range ammeter by the shunt resistances as shown in the figure. Calculate the resistances R_1 and R_2.]

497. 291 নং চিত্রটি লক্ষ্য কর। এখানে চল-কুণ্ডলী গ্যালভানোমিটারটির পূর্ণ স্কেল বিক্ষেপ ঘটে 10 mA তড়িৎ-প্রবাহে। চিত্রের অনুরূপভাবে ইহার সহিত শ্রেণী-সমবায়ে রোধ যুক্ত করিয়া ইহাকে তিনটি পাল্লা-বিশিষ্ট ভোল্টমিটারে রূপান্তরিত করা হইয়াছে। (i) X বন্ধনীতে কী চিহ্ন দিতে হইবে ? (ii) R_1 এবং R_2 রোধদ্বয়ের মান নির্ণয় কর।

[Refer to the Fig. 291, in which the moving-coil galvanometer has a full scale deflection of 10 mA. It has been converted to a triple-range voltmeter by the series resistances shown. (*i*) What should be marked on terminal X ? (*ii*) Calculate the resistances R_1 and R_2.]

চিত্র 291

498. তিনটি বৈদ্যুতিক বাতিকে 292 নং চিত্রের ন্যায় বর্তনীতে যুক্ত করা হইল। প্রতিটি বাতির ক্ষমতা সমান এবং উহারা উভয়েই 220 volts বিভব-বৈষম্যে ব্যবহৃত হইবার উদ্দেশ্যে নির্মিত। সুইচ্ K বন্ধ করিলে L_1 এবং L_2 বাতির তড়িৎ-প্রবাহের কীরূপ পরিবর্তন হইবে ?

চিত্র 292

[Three lamps are connected as shown in Fig. 292. All the lamps are of the same power and intended for

220 volts. How will the current in the lamps L_1 and L_2 be affected if switch K is closed ?]

499. একটি ধাতব তারের একটি নির্দিষ্ট রোধ আছে। যদি তারটিকে এমনভাবে টানা যায় যাহাতে ইহার দৈর্ঘ্য দ্বিগুণিত হয়, তাহা হইলে ইহার রোধের মানের কী হইবে ? ধরিয়া লওয়া যায় যে, তারটির আয়তন এবং রোধাঙ্ক অপরিবর্তিত রহিয়াছে।

[A metallic wire has a certain resistance. If the wire is stretched so that its length is doubled, what happens to the value of its resistance ? It may be assumed that the volume and resistivity of the wire remains unchanged.]

500. তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া তড়িতের প্রবাহ এবং ধাতব পদার্থের মধ্য দিয়া তড়িতের প্রবাহের পার্থক্য কি ?

[In what way does the passage of electric currents through electrolyte differ from metallic conduction of current ?]

* * *

জুলের সূত্র

501. যে-বৈদ্যুতিক হিটার সমপ্রবাহ সরবরাহ লাইনে ব্যবহৃত হয় উহাকে পরিবর্তী প্রবাহ লাইনেও ব্যবহার করা যায় কেন ব্যাখ্যা কর।

[Explain why an electric heater used in d. c. line can also be used in a. c. line ?] (Jt. Entrance, 1973)

502. একই মাপের কিন্তু বিভিন্ন রোধাঙ্কের কতগুলি তারকে একের পর এক দুইটি নির্দিষ্ট বিন্দুর সহিত যুক্ত করা হইল। উক্ত বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে একটি স্থির বিভব-বৈষম্য বজায় রাখা হইয়াছে। কোন্ তারে জুল প্রক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন তাপের হার সর্বোচ্চ হইবে ?

[Several wires of identical dimensions but of different resistivities are connected in turn between two points across which a fixed potential difference is maintained. In which wire will the rate of heating due to Joule's effect be greatest.]

503. বেশি তাপ উৎপাদনের জন্য উচ্চ মানের রোধ, নাকি নিম্ন মানের রোধ ব্যবহার করিতে হইবে দুইজন ছাত্রকে ইহা জিজ্ঞাসা করা হইল। তাহাদের একজন $P=V^2/R$ সমীকরণটি ব্যবহার করিল এবং বলিল, 'নিম্নমানের রোধ। অপর ছাত্রটি $P=I^2R$ সমীকরণটি ব্যবহার করিয়া বলিল, 'উচ্চ মানের রোধ'। এ প্রসঙ্গে তোমার মতামত প্রকাশ কর।

[Two students are asked whether one has to use a high resistance or a low resistance in order to obtain a large heating effect. One of them uses the equation $P=V^2/R$ and says, 'low'. The other uses the equation $P=I^2R$ and says, 'high'. Comment.]

504. 250 W বৈদ্যুতিক বাতি অপেক্ষা 100 W বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্টের রোধ বেশি না কম ? উভয় বাতিই 220 V সরবরাহ লাইনে ব্যবহৃত হইবার জন্য নির্মিত হইয়াছে।

[Is the filament resistance lower or higher in a 100-watt electric bulb than in a 250-watt bulb ? Both bulbs are designed to operate on 220 volts supply line.]

505. একটি 100 W-110 V বৈদ্যুতিক বাতিকে একটি ব্যাটারী সমবায়ের সহিত যুক্ত করিলে উহা স্বাভাবিক ঔজ্জ্বল্যে জ্বলে। কিন্তু একটি 500W-110 V বাতিকে ঐ ব্যাটারী-সমবায়ের সহিত যুক্ত করিলে বাতিটি মিট্‌মিট্ করিয়া জ্বলে। ব্যাখ্যা কর।

[A 100W-110 V lamp glows at normal brightness when connected across a bank of batteries. But a 500W-110V lamp glows only dimly when connected across the same bank. Explain.]

506. 220 ভোল্ট লাইনে কয়েকটি বৈদ্যুতিক বাতি শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করা হইল। একটি বাতি ফিউজ হইবার পর বাকী বাতিগুলি পুনরায় ঐ একই লাইনে শ্রেণী সমবায়ে লাগান হইল। কোন্ ক্ষেত্রে বাতিগুলির ঔজ্জ্বল্য বেশি হইবে এবং কেন ?

[A number of electric bulbs are connected in series across a 220 volt supply. After one bulb is fused, the remaining bulbs are connected in series across the same supply. In which case will the lamp glow brighter and why ?] [H. S., 1980 (May)]

507. একটি ধাতব তারের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইয়া ইহাকে লোহিত-তপ্ত করা হইল। তারটির অর্ধেক শীতল জলে নিমজ্জিত করা হইলে তারের বাকি অর্ধেক আরও বেশি উত্তপ্ত হইয়া উঠে কেন ?

[A current is sent through a metal wire, heating it red. If the half of the wire is immersed in cold water, wby does the unimmersed half of the wire heat up still more ?]

508. সুইচের সাহায্যে বর্তনী সংহত করিবার 15 মিনিট পর একটি বৈদ্যুতিক কেটলীর তরল ফুটিতে আরম্ভ করে। ইহার তাপক-তারটির দৈর্ঘ্য 6 মিটার। তাপক-তারটির কী পরিবর্তন করিলে সুইচ্ 'অন্' করিবার 10 মিনিট পর কেটলীর তরল ফুটিতে থাকিবে ? পারিপার্শ্বিক বায়ুমণ্ডলে তাপক্ষয় উপেক্ষা কর।

[The liquid inside an electric kettle begins to boil 15 min after being switched on. The heating element consists of a coil of wire 6m long. How should the heating element be adapted so that the liquid inside the kettle begins to boil 10 min after being switched on ? Neglect the loss of heat to the surrounding atmosphere.]

509. দুইটি সদৃশ তাপক-কুণ্ডলীকে দুইটি কাচের কুণ্ডে আবদ্ধ অবস্থায় রাখা হইল। কুণ্ড দুইটির একটিকে বায়ুশূন্য এবং অপরটিকে হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হইল। কুণ্ডলী দুইটিকে শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত করিয়া উহাদের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠান হইল যাহাতে উহারা আলো বিকিরণ করে। ইহাদের মধ্যে কোনটি অধিকতর উজ্জ্বলভাবে জ্বলিবে ? যুক্তিসহ সংক্ষেপে উত্তর দাও।

[Two identical heating coils are enclosed inside two similar glass bulbs, one of which is evacuated and the other contains some hydrogen gas. The two coils are connected in series and a current is passed through them to make them glow. Which of them will glow more brightly ? State your reasons briefly.]

(Jt. Entrance, 1974)

510. দুইটি 120V-40W বৈদ্যুতিক বাতিকে শ্রেণী-সমবায়ে একটি 120V বর্তনীতে যুক্ত করা হইল। ইহাদের মধ্যে একটি বাতির ফিলামেণ্ট ধাতু-নির্মিত এবং অপরটির ফিলামেণ্ট কার্বন-নির্মিত। কোন্ ফিলামেণ্টটি অধিকতর উজ্জ্বলভাবে জ্বলিবে ?

[Two 120 V-40 W lamps are connected in series to a circuit of 120 V. One of the lamps has a metal filament and the other has a carbon filament. Which of the filament will incandescence more ?]

511. বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেণ্ট এবং লাইন তারের মধ্য দিয়া একক তড়িৎ-প্রবাহ চলে, কিন্তু কেবলমাত্র বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেণ্টটিই শ্বেত-তপ্ত হইয়া উঠে। ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

[The same current passes throgh the line wires and the filament of the electric lamp. But only the filament gets white hot. Explain why ?]

512. একটি 25 watt এবং একটি 100 watt বাতিকে শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত করিয়া ঐ শ্রেণী-সমবায়কে বৈদ্যুতিক মেইন-এর সহিত যুক্ত করা হইল। কোন্ বাতিটি অপেক্ষাকৃত বেশি উজ্জ্বলভাবে জ্বলিবে ?

[A 25 watt and a 100 watt lamps are joined in series and connected to the mains. Which lamp will glow brighter ?]

(I. I. T. Adm. Test, 1979)

513. 220 V-এ ব্যবহারের জন্য নির্মিত একটি বৈদ্যুতিক হিটারের তাপন-কুণ্ডলীর পরিবর্তন না করিয়া বা কুণ্ডলীটিকে ছোট না করিয়া হিটারটিকে 110 V-এ ব্যবহারের উপযোগী করিতে হইবে যাহাতে ইহার ক্ষমতা একই থাকে। ইহার জন্য কী করিতে হইবে ?

[An electric heater designed for 220 V is to be adapted for 110 V without changing or shortening the heating coil so that its power remains the same. What should be done for this ?]

514. একই প্রকার কাচের নলে আবদ্ধ তাপক-কুণ্ডলী A এবং B-কে দুইটি সদৃশ ক্যালরিমিটারের জল উত্তপ্ত করিবার জন্য ব্যবহৃত হইল। যখন কুণ্ডলীদ্বয় শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত তখন যে-ক্যালরিমিটারে B-তাপক-কুণ্ডলীটি রহিয়াছে উহা অপেক্ষা যে-ক্যালরিমিটারে A-তাপক-কুণ্ডলী রহিয়াছে উহা অনেক বেশি উত্তপ্ত হয়। আবার যখন কুণ্ডলীদ্বয় পরস্পর সমান্তরাল-সমবায়ে যুক্ত করা হয় তখন যে-ক্যালরিমিটারটিতে B কুণ্ডলীটি ডুবান রহিয়াছে উহা অপেক্ষাকৃত বেশি উত্তপ্ত হয়। মিটার-ব্রিজে A এবং B-এর রোধ মাপিয়া দেখা গেল যে, উহাদের রোধ সমান। ইহার সম্ভাব্য ব্যাখ্যা দিতে পার কি ?

[Two heating elements A and B each enclosed inside similar sealed glass tubes are used as immersion heaters for heating water placed in two identical calorimeters. When the two are connected. in series, the calorimeter containing A gets much more heated than the other one which contains B, but when they are connected in parallel the calorimeter with B gets more heated. On comparing A and B on a meter bridge, the resistances are found to be equal. Can you offer any possible explanation ?] (Jt. Entrance, 1974)

515. ভাস্বর অবস্থায় দুইটি বৈদ্যুতিক বাতির রোধ r এবং R, এখানে R-এর মান r অপেক্ষা বেশি। এই দুইটি বাতিকে একটি বর্তনীতে শ্রেণী-সমন্বয়ে যুক্ত করা হইলে কোন বাতিটি অধিকতর উজ্জ্বলভাবে জ্বলিবে ? উভয় বাতির ফিলামেন্টই টাংস্টেনের তৈয়ারী।

[Resistance of two lamps at incandescence are r and R, R being greater than r. These lamps are connected in series in a circuit. Which of the lamps will shine more brightly ? Both the lamps have tungsten filaments.]

516. উষ্ণতার পরিবর্তন কি অ্যামিটার এবং ভোল্টমিটার পাঠকে প্রভাবিত করিতে পারে ?

[Can temperature changes affect the readings of ammeters and voltmeters ?]

517. বাড়ির বৈদ্যুতিক সংযোগ ব্যবস্থায় ফিউজ্ ব্যবহৃত হয় কেন ?

[Why are fuses provided in household wiring system ?]

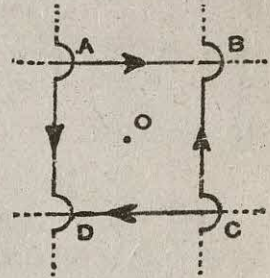
518. একটি বৈদ্যুতিক হিটারে নিরবচ্ছিন্নভাবে তাপ উৎপন্ন হইতে থাকে, কিন্তু ইহার উষ্ণতা কিছুক্ষণ পরই স্থির হইয়া যায়। ইহার কারণ কী ?

[Heat is generated continuously in an electric heater, but its temperature becomes constant after some time. Why ?]

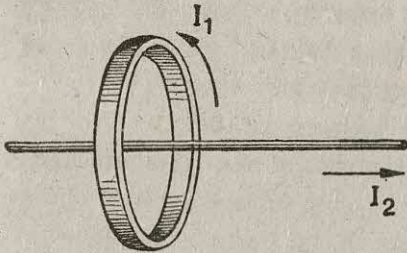
(I. I. T. Adm. Test, 1975)

* * *

তড়িৎ-প্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়া

519. অসীম দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট চারটি তারকে 293 নং চিত্রের অনুরূপভাবে একটি তলে স্থাপন করা হইল। প্রতিটি তারের মধ্য দিয়া একই তড়িৎ-প্রবাহ I চিত্রে প্রদর্শিত অভিমুখে প্রবাহিত হইতেছে। ABCD বর্গক্ষেত্রের মধ্যবিন্দু O-তে লব্ধি চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য নির্ণয় কর। যুক্তিসহ সংক্ষেপে উত্তর দাও।

চিত্র 293

[Four infinitely long wires are placed in plane as shown in the Fig. 293. Each wire carries the same current I in the directions shown. Find the resulting magnetic field at the point O, the centre of the square ABCD. State briefly the reasons for your answer.] (I. I. T. Adm. Test, 1971)

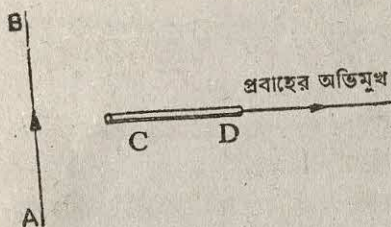
520. I_2 তড়িৎ-প্রবাহসম্পন্ন একটি ঋজু পরিবাহী I_1 তড়িৎ-প্রবাহসম্পন্ন একটি বৃত্তাকার তড়িৎ-বাহী কুণ্ডলীর অক্ষ বরাবর স্থাপিত রহিয়াছে (চিত্র 294)। এই দুই তড়িৎ-প্রবাহের পারস্পরিক ক্রিয়া বল কীরূপ ?

চিত্র 294

[A straight conductor carrying a current I_2 runs along the axis of a circular coil carrying a current of I_1 (Fig. 294). What is the force of interaction between the currents ?]

521. কোন নির্দিষ্ট স্থানের মধ্য দিয়া যাইবার সময় একটি তড়িদাহিত কণা বিক্ষিপ্ত হয় না। ইহা হইতে কি এই সিদ্ধান্ত করা যায় যে, ঐ স্থানে কোন চৌম্বক ক্ষেত্র নাই ? ব্যাখ্যা কর।

[A charged particle is not deflected in passing through a certain region of space. Can you conclude that there is no magnetic field in that region ? Explain.] (Marine Eng. Adm. Test, 1977)

522. একটি অসীম দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট ঋজু তড়িৎ-বাহী পরিবাহী AB-এর নিকট একটি চলনক্ষম ঋজু পরিবাহী CD-কে এমনভাবে স্থাপন করা হইল যাহাতে উহা AB পরিবাহীর তলে উহার এক পার্শ্বে অবস্থান করে (চিত্র 295)। চিত্রে তীর-চিহ্নের সাহায্যে নির্দেশিত অভিমুখে তড়িৎ-প্রবাহ পাঠান হইলে পরিবাহীটির কী হইবে ?

[Near an infinitely long straight current carrying conductor AB, a movable straight conductor CD is placed so that it lies entirely on one side of AB in a plane passing through it (Fig. 295). What will happen to the conductor if a current flows through it in the direction given by the arrow ?]

চিত্র 295

523. একটি তড়িৎ-বাহী তারের সহিত একটি তড়িৎ-প্রবাহহীন পরিবাহীর কী কী বিষয়ে পার্থক্য থাকে ? তারের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইবার ফলে উদ্ভূত ক্রিয়াগুলিকে তড়িৎ-প্রবাহ পরিমাপের জন্য কীরূপে কাজে লাগান যায় ?

[In what respects does a conductor carrying an electric current differ from a conductor which carries no current ? How can the effects so produced be utilised for the measurement of current ?]

524. খুব সরু একটি নমনীয় তারকে সরু আয়তাকার লুপের আকারে টেবিলের উপর রাখা হইল। তারের প্রান্তদ্বয়কে খুব কাছাকাছি অবস্থিত দুইটি বন্ধনী-স্ক্রুর সহিত যুক্ত করিয়া তারটির মধ্য দিয়া উচ্চ মানের সমপ্রবাহ পাঠান হইল। এই সময় তারটি কীরূপ আকৃতি ধারণ করিবে এবং কেন—তাহা ব্যাখ্যা কর।

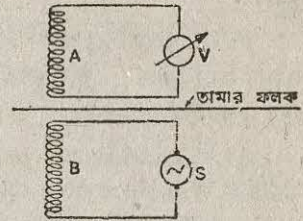
[A length of a thin flexible wire is placed on the table in the form of a thin rectangular loop. The ends of the wire are then connected to two binding screws very close to one another and a strong direct current is passed through the wire. Explain what shape the loop of wire now take and why ?] (Jt. Entrance, 1974)

525. তোমার নিকট একটি চুম্বক এবং একটি তড়িদাহিত কণা আছে। যদি (i) চুম্বক ও তড়িদাহিত কণা—উভয়েই স্থির অবস্থায় থাকে, (ii) উভয়েই সমান মানের গতিবেগ লইয়া একই অভিমুখে চলিতে থাকে, (iii) চুম্বকটি চলিতে থাকে এবং তড়িদাহিত কণাটি স্থির অবস্থায় থাকে এবং (iv) চুম্বকটি স্থির থাকে এবং তড়িদাহিত কণাটি চলিতে থাকে তাহা হইলে কণাটির উপর কোন বল ক্রিয়া করিবে কি ?

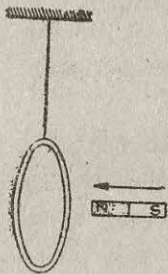
[You have a magnet and a charged particle. Will there be a force on the charged particle if (i) both the magnet and the charged particle are at rest, (ii) both are moving with uniform velocity, identical in magnitude and direction, (iii) the magnet is moving, the charged particle is at rest, (iv) the magnet is at rest, the charged particle is moving ?] (Jt. Entrance, 1980)

* * *

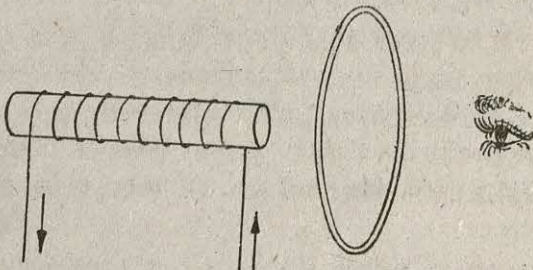
তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ

526. একটি কুণ্ডলী A-এর সহিত একটি ভোল্টমিটার V এবং অপর একটি কুণ্ডলী B-এর সহিত একটি পরিবর্তী প্রবাহের উৎস যুক্ত করা হইল (চিত্র 296)। যদি এই দুই কুণ্ডলীর মাঝামাঝি একটি বৃহৎ তামার ফলক স্থাপন করা হয় তাহা হইলে A কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের কীরূপ পরিবর্তন হইবে ?

চিত্র 296

[A coil A is connected to a voltmeter V and another coil B is connected to an a. c. source, S (Fig. 296). How will the electromotive force induced in coil A by current in B be altered if a large copper sheet is placed between the two coils ?]

527. একটি তামার কুণ্ডলীকে একটি সূতার সাহায্যে একটি উল্লম্বতলে ঝুলাইয়া রাখা হইয়াছে (চিত্র 297)। একটি ইস্পাত দণ্ডকে অনুভূমিক অভিমুখে ঐ কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া চালনা করা হয় এবং ইহার পর একইভাবে এক দণ্ডচুম্বককে উহার মধ্যে চালনা করা হইল। ইস্পাত দণ্ড এবং চুম্বকটির গতি কি কুণ্ডলীর অবস্থানকে প্রভাবিত করিবে ?

চিত্র 297

[A copper coil is suspended in a vertical plane by a thread. A steel bar is passed through the ring in a horizontal direction and then a magnet is similarly passed through it (Fig. 297). Will the motion of the bar and the magnet affect the position of the coil ?]

528. একটি তড়িৎবাহী সলেনয়েডকে 298 নং চিত্রের ন্যায় একটি পরিবাহী লুপের দিকে চালনা করা হইল। চিত্রের অনুরূপভাবে লুপটির দিকে তাকাইলে উহার মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ কী হইবে ?

চিত্র 298

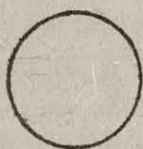
[A current carrying solenoid is moved towards a conducting loop as shown in Fig. 298. What is the direction of circulation of current through the loop as we look towards it as shown in the figure.]

529. একটি চোঙাকৃতি দণ্ড-চুম্বককে একটি বৃত্তাকার কুণ্ডলীর অক্ষ-বরাবর স্থাপন করা হইল। যদি চুম্বকটি উহার অক্ষের উপর ঘুরিতে থাকে তাহা হইলে উক্ত কুণ্ডলীতে তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হইবে কি? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[A cylindrical bar magnet is kept along the axis of a circular coil. Will there be a current induced in the coil if the magnet is rotated about its axis ? Give reasons.] (I. I. T. Adm. Test, 1972)

530. একটি বিমান চৌম্বক মধ্যতল দিয়া অনুভূমিকভাবে উড়িয়া যাইতেছে। বিমানটির পাখনার দুই প্রান্তের মধ্যে কোন বিভব-বৈষম্য থাকিবে কি? বিমানটি যদি একই দ্রুতিতে অন্য কোন অভিমুখে চলে তাহা হইলে এই বিভব-বৈষম্যের কোন পরিবর্তন হইবে কি?

[An aeroplane flies horizontally along a magnetic meridian. Is there a difference of potential across the ends of the wings of the aeroplane ? Does the difference of potential change if the aeroplane flies in any other direction at the same speed ?]

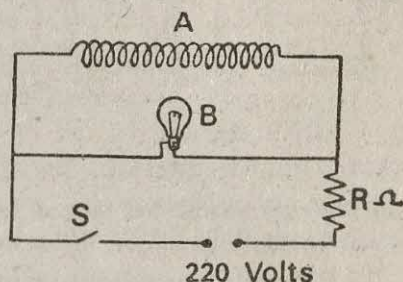
531. A হইতে B অভিমুখে প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের মান বৃদ্ধি পাইতেছে। 299 নং চিত্রে প্রদর্শিত লুপটিতে যদি কোন তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হয় তাহা হইলে উহার অভিমুখ কী হইবে?

চিত্র 299

[A current from A to B is increasing in magnitude. What is the direction of the induced current, if any, in the loop shown in Fig. 299 ?] (I. I. T. Adm. Test, 1979)

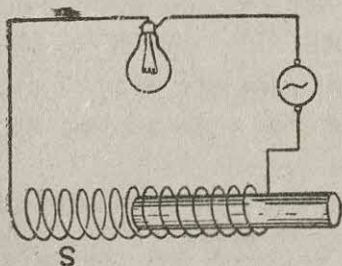
532. একটি দণ্ড-চুম্বককে একটি পরিবাহী লুপের অক্ষ বরাবর সুষম গতিবেগে দ্রুত উহার মধ্য দিয়া টানা হইল। চুম্বকটির দক্ষিণ-মেরুটি প্রথম লুপের মধ্যে প্রবেশ করে। সময়ের অপেক্ষক হিসাবে (i) আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ এবং (ii) জুল প্রক্রিয়ায় উদ্ভূত তাপশক্তির লেখচিত্র অঙ্কন কর। চুম্বকের গতিপথের অভিমুখে তাকাইলে যদি আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহকে দক্ষিণাবর্তী মনে হয় তাহা হইলে উহাকে ধনাত্মক ধরিয়া লও।

[A bar magnet is pulled rapidly through a conducting loop along its axis with a uniform velocity with its south pole entering the loop first. Sketch qualitatively (i) the induced current, (ii) the

Joule's heating as a function of time. Take the induced current to be positive if it is clockwise when viewed along the path of the magnet.] (I. I. T. Adm. Test, 1973)

533. বহু সংখ্যক পাকবিশিষ্ট তারের তৈয়ারী একটি সলেনয়েড এবং একটি বৈদ্যুতিক বাতির শ্রেণী-সমবায়কে একটি রোধ R-এর মধ্য দিয়া 220 volt ডি. সি. মেইনস্-এর সহিত যুক্ত করা হইল (চিত্র 300)। যখন S সুইচ্ বন্ধ করা হইল তখন বাতিটি ক্ষণিকের জন্য উজ্জ্বল হইল এবং ইহার পর অনুজ্জ্বল হইয়া গেল। যখন সুইচ্‌টি খোলা হইল তখন বাতিটি পুনরায় মুহূর্তের জন্য উজ্জ্বল হইল এবং ইহার পর নিবিয়া গেল। ব্যাখ্যা কর।

চিত্র 300

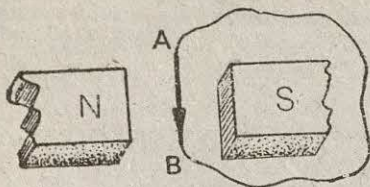
[A solenoid of many turns of wire is connected in parallel with an electric lamp to a 220 volt d. c. mains through a resistance R Ω (Fig. 300). When the switch S is enclosed the light flashes bright for an instant and then becomes dim. When the switch is opened the light again flashes to bright for a moment and goes out. Explain.]

534. কাঁচা লোহার তৈয়ারী মজ্জাবিশিষ্ট একটি সলেনয়েড এবং একটি বৈদ্যুতিক বাতির শ্রেণী-সমবায়ে একটি পরিবর্তী বিভব-বৈষম্য প্রয়োগ করা হইল (চিত্র 301)। যখন কাঁচা লোহার দণ্ডটিকে সলেনয়েডের মধ্যে রাখা হয়, তখন বাতিটি অনুজ্জ্বলভাবে জ্বলে। কিন্তু যখন লৌহ-মজ্জাটিকে সলেনয়েডের বাহিরে আনা হয় তখন বাতিটি উজ্জ্বলভাবে জ্বলে। ব্যাখ্যা কর।

চিত্র 301

[An alternating voltage is applied across a solenoid having a soft iron core (Fig. 301). When the iron core is in place inside the solenoid, the light is dim, but when the iron is out, the light is bright. Explain.]

535. AB পরিবাহীটিকে একটি চৌম্বক ক্ষেত্রে কীরূপে চলমান করিলে 302 নং চিত্রে প্রদর্শিত অভিমুখে তড়িৎপ্রবাহ প্রবাহিত হইবে ?

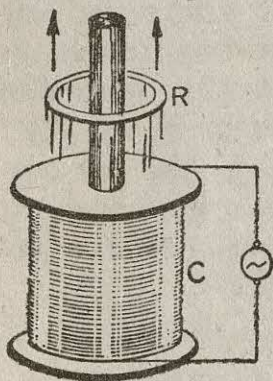
[In what way should the conductor AB be moved in a magnetic field such that the current flows as given in figure (Fig. 302) ?] (I.I.T. Adm. Test)

চিত্র 302

536. একটি স্থায়ী দণ্ড-চুম্বক একটি ধাতব আংটার মধ্য দিয়া নিচে পড়িতেছে (চিত্র 303)। চুম্বকটি কি অবাধে পতনশীল বস্তুর ত্বরণ লইয়া নিচে পড়িবে ?

[A permanent bar magnet falls through a metal ring (Fig. 303). Will the magnet fall with the acceleration of a freely falling body ?]

চিত্র 303

537. একটি তামার রিং-কে অনুভূমিকভাবে স্থাপন করা হইল এবং একটি দণ্ড-চুম্বকের দৈর্ঘ্যকে ঐ রিং-এর অক্ষ বরাবর রাখিয়া দণ্ডটিকে ছাড়িয়া দেওয়া হইল। পড়ন্ত চুম্বকটির ত্বরণ অভিকর্ষজ ত্বরণের সমান, বেশি না কম হইবে ?

[A copper ring is held horizontally and a bar magnet is dropped through the ring with its length along the axis of the ring. Will the acceleration of the falling magnet be equal to, greater than or less than that due to gravity ?] (I. I. T. Adm. Test, 1974)

538. একটি তারের কুণ্ডলী C-এর এক প্রান্তে একটি লৌহমজ্জা প্রবেশ করান আছে। ঐ লৌহ-মজ্জার উপর দিয়া একটি ধাতব আংটা R গলান হইল (চিত্র 304)। যখন কুণ্ডলীটির মধ্য দিয়া একটি পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ পাঠান হয় তখন কুণ্ডলীটি বায়ুতে কয়েক ফুট উপরে উৎক্ষিপ্ত হয়। ইহার কারণ কী ?

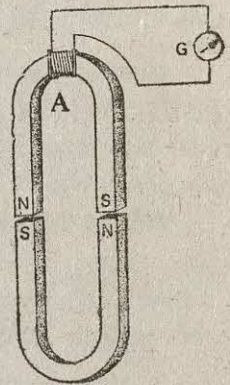
চিত্র 304

[A coil of wire C with an extra long iron core is set at one end and a solid metal ring R slipped over the top as shown in Fig. 304. The instant an alternating current is sent through the coil, the metal ring is thrown upward several feet into the air. Why ?]

539. দুইটি সদৃশ বৃত্তাকার কুণ্ডলী A এবং B পরস্পর সমান্তরালভাবে রাখা হইল যাহাতে উহাদের কেন্দ্রদ্বয় একই অক্ষের উপর থাকে। A কুণ্ডলী হইতে দেখিলে দেখা যাইবে যে, B কুণ্ডলীটির মধ্য দিয়া দক্ষিণাবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ I প্রবাহিত

হইতেছে। যখন (i) B কুণ্ডলীর তড়িৎ-প্রবাহ বাড়ে এবং (ii) যখন কুণ্ডলী B-এর তড়িৎ-প্রবাহ স্থির রাখিয়া উহাকে A কুণ্ডলীর দিকে আনা হয়, যখন B কুণ্ডলীর দিক হইতে দেখিলে A কুণ্ডলীর আবিষ্ট প্রবাহের অভিমুখ কি হইবে ?

[Two identical circular coils A and B are parallel to each other with their centres on the same axis. The coil B carries a current I in the clockwise direction as seen from A. What would be the direction of the induced current in A as seen from B when (i) the current in B is increased (ii) the coil B is moved towards A, keeping the current in B constant.] (I. I. T. Adm. Test, 1971)

540. দুইটি সদৃশ অশ্বক্ষুরাকৃতি চুম্বককে বিপরীতমুখী রাখিয়া উহাদিগকে পরস্পরের সংস্পর্শে আনা হইল (চিত্র 305)। এই চুম্বক দুইটির মধ্যে একটিতে একটি কুণ্ডলী A জড়ান আছে। কুণ্ডলীটির প্রান্তদ্বয় একটি গ্যালভানোমিটার G-এর সহিত যুক্ত। চুম্বক দুইটিকে পরস্পর হইতে পৃথক করা হইলে গ্যালভানোমিটারের কাঁটাটির কিছুটা কৌণিক বিক্ষেপ ঘটে। যদি চুম্বক দুইটিকে পুনরায় পরস্পরের সংস্পর্শে আনা হয় তাহা হইলে গ্যালভানোমিটারের কাঁটাটি বিপরীত দিকে বিক্ষিপ্ত হইতে দেখা যায়। গ্যাল-ভানোমিটারের কাঁটার বিক্ষেপের কারণ আলোচনা কর।

চিত্র 305

[Two similar horseshoe magnets are brought together with opposite poles facing one another, as shown in Fig 305. On one of the magnets is a coil A whose ends are connected to a galvanometer G. If the magnets are separated from each other, the galvanometer pointer will deflect at that instant by some angle. If the magnets are brought together again, the galvanometer pointer will deflect in opposite direction. Discuss the deflection of the galvanometer pointer.]

সমাধান

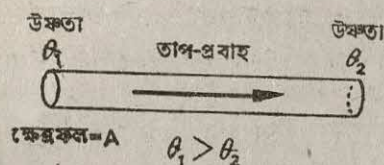
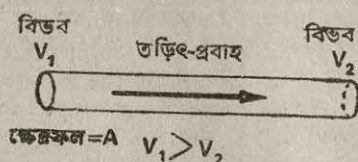
482. আমরা জানি যে, A ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট এবং l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট কোন পরিবাহীর এক প্রান্তের উষ্ণতা θ_1 এবং অপর প্রান্তের উষ্ণতা θ_2 হইলে (চিত্র নং 306 a) ঐ পরিবাহীর মধ্য দিয়া তাপ-প্রবাহের হার নিম্নের সমীকরণ হইতে পাওয়া যায়,

$$\frac{Q}{t} = KA\left(\frac{\theta_1 - \theta_2}{l}\right) \quad \ldots \quad (i)$$

এখানে, Q হইল t সময়ে পরিবাহীর মধ্য দিয়া প্রবাহিত তাপের পরিমাণ, এবং K হইল পরিবাহীর উপাদানের তাপ-পরিবাহিতা।

কোন পরিবাহীর মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের ক্ষেত্রেও (i) নং সমীকরণের অনুরূপ একটি সমীকরণ পাওয়া যায়। পরপৃষ্ঠায় ইহা দেখান হইয়াছে।

ওহ্‌মের সূত্রানুসারে, উষ্ণতা ও অন্যান্য ভৌত অবস্থা অপরিবর্তিত থাকিলে কোন পরিবাহীর মধ্য দিয়া যে-তড়িৎ-প্রবাহ চলে উহা পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব-

চিত্র 306 (a) চিত্র 306 (b)

বৈষম্যের সমানুপাতিক। কাজেই, কোন পরিবাহীর এক প্রান্তের বিভব V_1 এবং অপর প্রান্তের বিভব V_2 $(V_1 > V_2)$ হইলে (চিত্র 306 b) লেখা যায় যে, তড়িৎপ্রবাহ, $I \propto (V_1 - V_2)$

$$\text{বা,} \quad I = \frac{V_1 - V_2}{R} \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

এখানে R হইল পরিবাহীর বৈদ্যুতিক রোধ। পরিবাহীর উপাদানের রোধাঙ্ক ρ, পরিবাহীর দৈর্ঘ্য l এবং উহার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A হইলে

$$R = \rho \frac{l}{A} \qquad \cdots \quad \text{(iii)}$$

সমীকরণ (iii) হইতে R-এর মান বসাইয়া (ii) নং সমীকরণ হইতে পাই,

$$I = \frac{V_1 - V_2}{\rho . \frac{l}{A}} = \frac{1}{\rho} . A . \left(\frac{V_1 - V_2}{l} \right)$$

$$= \sigma A \left(\frac{V_1 - V_2}{l} \right) \qquad \cdots \quad \text{(iv)}$$

এখানে σ হইল পরিবাহীর উপাদানের বৈদ্যুতিক পরিবাহিতাঙ্ক। পরিবাহীর মধ্য দিয়া t সময়ে Q পরিমাণ আধান প্রবাহিত হইলে লেখা যায়,

$$\frac{Q}{t} = \sigma A \left(\frac{V_1 - V_2}{l} \right) \qquad \cdots \quad \text{(v)}$$

লক্ষণীয় যে, সমীকরণ (i) এবং সমীকরণ (v) পরস্পর সদৃশ। এখানে উষ্ণতার ব্যবধান $(\theta_1 - \theta_2)$ এবং তাপ-পরিবাহিতাঙ্ক K যথাক্রমে বৈদ্যুতিক বিভব-বৈষম্য $(V_1 - V_2)$ এবং বৈদ্যুতিক পরিবাহিতাঙ্ক σ-এর সহিত তুলনীয়।

(i) নং সমীকরণ হইতে লেখা যায়, $\frac{Q}{t} = \frac{(\theta_1 - \theta_2)}{\left(\frac{l}{KA} \right)}$ $\cdots$ (vi)

সমীকরণ (ii)-এর সহিত সমীকরণ (iv)-এর তুলনা করিয়া দেখা যাইতেছে যে, $\left(\frac{l}{KA} \right)$ রাশিটি বৈদ্যুতিক রোধ R-এর সহিত তুলনীয়। ইহাকে তাপীয় রোধ (thermal resistance) বলা হয়।

483. যখন ব্রিজ বর্তনী প্রতিসম অবস্থায় থাকে তখন P ও Q-এর সংযোগ-স্থল A এবং Q ও S-এর সংযোগ-স্থল B-এর বিভব সমান (চিত্র 282)। কাজেই, এই অবস্থায় টেপা চাবিটি খোলাই হোক বা বন্ধ করাই হোক, ব্রিজ-বর্তনীর বিভিন্ন শাখার প্রবাহ-মাত্রার কোনরূপ তারতম্য হইবে না। সুতরাং, টেপা চাবিটি খুলিলে বা বন্ধ করিলে যদি গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপের কোনরূপ পরিবর্তন না হয় তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, ব্রিজ-বর্তনী প্রতিসম হইয়াছে। এই অবস্থায় নিম্নের সমীকরণটি প্রযোজ্য হইবে—

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$$

সুতরাং, P, Q এবং R-এর মান জানা থাকিলে উক্ত বর্তনীর সাহায্যে গ্যালভানো-মিটারের রোধ S-এর মান নির্ণয় করা যাইবে।

● **বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ** লর্ড কেলভিন গ্যালভানোমিটারের রোধ মাপিবার জন্য এই পদ্ধতিটি ব্যবহার করিয়াছিলেন।

484. যদি ব্রিজ-বর্তনী প্রতিসম অবস্থায় থাকে তাহা হইলে চাবি খোলাই হোক বা বন্ধ করাই হোক—গ্যালভানোমিটারের পাঠের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। কিন্তু ব্রিজ-বর্তনী প্রতিসম অবস্থায় না থাকিলে চাবি খুলিলে এবং চাবি বন্ধ করিলে গ্যালভানোমিটারের পাঠ এক থাকিবে না। ইহার কারণ নিম্নে ব্যাখ্যা করা হইল।

ব্রিজটি প্রতিসম না হইলে A এবং B বিন্দুর বিভবের পার্থক্য থাকিবে। এই অবস্থায় চাবি বন্ধ করিলে ব্রিজ বর্তনীর তড়িৎ-প্রবাহের পরিবর্তন হইবে। কাজেই, এক্ষেত্রে চাবি খুলিলে এবং চাবি বন্ধ করিলে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়া একই মানের তড়িৎ-প্রবাহ যাইবে না।

ব্রিজটি প্রতিসম অবস্থায় আসিলে A এবং B বিন্দুর তড়িৎ-বিভব সমান হইবে। এই সময় চাবি বন্ধ করিলেও বর্তনীর প্রবাহমাত্রার বা তুল্যরোধের কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে না। ফলে, এই সময় চাবি খোলাই হোক বা বন্ধ করাই হোক গ্যালভানো-মিটারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের কোন পরিবর্তন হইবে না।

এই ধর্ম কাজে লাগাইয়া বর্তনীটি প্রতিসম অবস্থায় আনা যায়। চাবি B-কে মিটার-তারের বিভিন্ন বিন্দুতে স্পর্শ করাইয়া চাবিটিকে পর্যায়ক্রমে খুলিয়া এবং বন্ধ করিয়া যদি দেখা যায় যে, ইহাতে গ্যালভানোমিটারের পাঠ বদলাইতেছে না, তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, বর্তনী প্রতিসম অবস্থায় আসিয়াছে।

485. পরিবাহীর রোধ সমান না থাকিলে উহার মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহ পরিবাহীর দুইপ্রান্তের বিভব-বৈষম্যের সমানুপাতিক হয় না। বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্টের মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে উহা উত্তপ্ত হয়। বিভিন্ন উষ্ণতায় ফিলামেন্টের রোধ বিভিন্ন হয় বলিয়া এইরূপ ক্ষেত্রে বিভব-বৈষম্য V এবং তড়িৎপ্রবাহ I-এর অনুপাত ধ্রুবক হইবে না। এইজন্য বিভিন্ন তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইয়া ফিলামেন্টের দুইপ্রান্তের বিভব-বৈষম্যের পরিবর্তন মাপিয়া ওহ্‌মের সূত্রের সত্যতা

যাচাই করা যাইবে না। প্রকৃতপক্ষে, উষ্ণতা স্থির না থাকিলে ওহ্‌মের সূত্রটি প্রযোজ্য হয় না। অতি অল্পমাত্রার বিভিন্ন প্রবাহ পাঠাইলে ফিলামেণ্টের রোধ কার্যত বদলাইবে না। এইরূপ ক্ষেত্রে ওহ্‌মের সূত্রটি প্রযোজ্য হইবে।

486. (i) ব্যাটারীর আভ্যন্তরীণ রোধ শূন্য হইলে R-এর মান যাহাই হোক না কেন গ্যালভানোমিটার বর্তনীর দুই প্রান্তের বিভব-বৈষম্য ব্যাটারীর তড়িচ্চালক বলের সমান। সুতরাং, এক্ষেত্রে R-এর মান বাড়ান হইলেও গ্যালভানোমিটারের পাঠের কোনরূপ পরিবর্তন হইবে না।

(ii) ব্যাটারীর আভ্যন্তরীণ রোধ যদি সসীম হয় তাহা হইলে R-এর মান বৃদ্ধি করিলে বর্তনীর মূল প্রবাহ (ব্যাটারী-বর্তনীর প্রবাহ) কমিয়া যাইবে এবং গ্যালভানোমিটার-বর্তনীর দুই প্রান্তে বিভব-বৈষম্যের মান বৃদ্ধি পাইবে। কাজেই, এক্ষেত্রে R-এর মান বৃদ্ধি করিলে গ্যালভানোমিটারের পাঠ বৃদ্ধি পাইবে।

487. যদি বহিঃস্থ রোধ $R=(r_1-r_2)$ হয় তাহা হইলে প্রথম তড়িৎ-কোষের দুই তড়িদ্দ্বারের বিভব-বৈষম্য শূন্য হইবে। নিম্নে ইহা দেখান হইল।

বর্তনীর তড়িৎ-প্রবাহ, $I=\dfrac{2E}{r_1+r_2+R}$ ... (i)

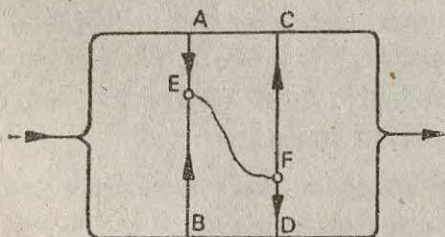
প্রথম তড়িত-কোষের দুই তড়িদ্দ্বারের বিভব-বৈষম্য, $V_1=E-I\,r_1$

$$=E-\frac{2Er}{r_1+r_2+R}=\frac{(r_2-r_1+R)E}{(r_1+r_2+R)}$$

$V_1=0$ হইলে স্পষ্টতই, $r_2-r_1+R=0$ বা, $R=(r_1-r_2)$

488. EF তারটি বর্তনীতে যুক্ত করিবার পূর্বে A এবং B বিন্দুর বিভব সমান ছিল। AB তারের মধ্য দিয়া কোন তড়িৎ-প্রবাহ ছিল না বলিয়া AB পরিবাহীর প্রতিটি বিন্দুর বিভবই সমান ছিল। অনুরূপ কারণে, CD তারের প্রতিটি বিন্দুর বিভবও সমান ছিল। কিন্তু AB তারের বিভবের সহিত CD তারের বিভবের পার্থক্য রহিয়াছে। AB এবং CD পরিবাহীর বিভব অসমান বলিয়া উহাদিগকে EF তার দ্বারা যুক্ত করিলে ঐ তারে তড়িৎ-প্রবাহ চলিতে থাকিবে। এই সময় AB এবং CD পরিবাহীর মধ্য দিয়াও তড়িৎ-প্রবাহ চলিবে। 307 নং চিত্রে বর্তনীর বিভিন্ন অংশের তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ দেখান হইয়াছে।

চিত্র 307

EF পরিবাহীতে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ E হইতে F-এর দিকে, কেননা E-এর বিভব F-এর বিভব অপেক্ষা বেশি। EF-এর মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ যায় বলিয়া AE, EB, FC এবং FD ইত্যাদি তারের মধ্য দিয়াও তড়িৎ-প্রবাহ চলিবে (চিত্র 307)। এই সময় E বিন্দুর বিভব A এবং B

বিন্দুর বিভব অপেক্ষা কম হইবে। আবার, FC এবং FD পরিবাহীর তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ হইতে বুঝা যাইতেছে, F বিন্দুর বিভব C এবং D বিন্দুর বিভব অপেক্ষা বেশি হইবে।

489. তড়িৎ-কোষদ্বয় যদি বহিঃস্থ রোধ R-এর সহিত শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত থাকে তাহা হইলে বর্তনীতে যে-তড়িৎ-প্রবাহ প্রতিষ্ঠিত হইবে তাহার মান

$$I_1 = \frac{E_1+E_2}{R+r_1+r_2} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

মনে করি, এইবার কেবলমাত্র প্রথম তড়িৎ-কোষটি (তড়িচ্চালক বল$=E_1$ আভ্যন্তরীণ রোধ$=r_1$) বহিঃস্থ রোধ R-এর সহিত যুক্ত হইল। এই অবস্থায় বহিঃস্থ রোধের মধ্য দিয়া যে-তড়িৎ-প্রবাহ চলে তাহার মান

$$I_2 = \frac{E_1}{R+r_1}$$

যদি, $I_1 < I_2$ হয় তাহা হইলে,

$$\frac{E_1+E_2}{R+r_1+r_2} < \frac{E_1}{R+r_1} \quad \text{বা,} \quad \frac{E_1+E_2}{E_1} < \frac{R+r_1+r_2}{R+r_1}$$

$$\text{বা,} \quad 1+\frac{E_2}{E_1} < 1+\frac{r_2}{R+r_1} \quad \text{বা,} \quad \frac{E_2}{E_1} < \frac{r_2}{r_1+R}$$

490. যখন বৈদ্যুতিক বাতিকে 10 ভোল্ট ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করা হইল তখন বাতিটির মধ্য দিয়া 0·01 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ পাওয়া গেল। কাজেই, এক্ষেত্রে বাতিটির রোধ,

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{10 \text{ ভোল্ট}}{0{\cdot}01 \text{ অ্যাম্পিয়ার}} = 1000 \text{ ওহ্‌ম} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

যখন বাতিটিকে 200 ভোল্ট মেইন্‌স্‌-এর সহিত যুক্ত করা হইল তখন ঐ বাতির মধ্য দিয়া 0·05 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ পাওয়া গেল। কাজেই, এক্ষেত্রে বাতিটির রোধ,

$$R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{220 \text{ ভোল্ট}}{0{\cdot}05 \text{ অ্যাম্পিয়ার}} = 4400 \text{ ওহ্‌ম} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

ওহ্‌মের সূত্র প্রযোজ্য হইলে তড়িৎ-প্রবাহ (I) প্রযুক্ত বিভব-বৈষম্য (V)-এর সমানুপাতিক হইবে। অর্থাৎ,

$$\frac{V}{I} = \text{ধ্রুবক হইবে।}$$

কিন্তু, (i) এবং (ii) দেখা যাইতেছে যে, $\frac{V_1}{I_1} \neq \frac{V_2}{I_2}$

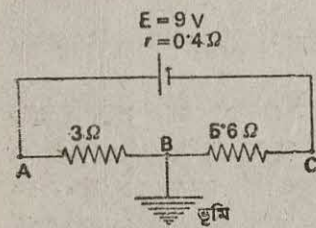
ওহ্‌মের সূত্রের সহিত এই আপাত বিরোধের কারণ হইল এই যে, আলোচ্য দুই ক্ষেত্রে বাতির তন্তুর (filament) উষ্ণতা এক থাকে না। 10 volt ব্যাটারীর সহিত যুক্ত অবস্থায় ইহার যে-উষ্ণতা হইবে, 220 volt মেইন্‌স্‌-এর সহিত যুক্ত অবস্থায় ইহার

উষ্ণতা তদপেক্ষা অনেক বেশি হইবে। উষ্ণতার বৃদ্ধির ফলে বাতির তন্তুর রোধের পরিবর্তন ঘটে, ফলে ওহ্‌মের সূত্র প্রযোজ্য হয় না।

491. যে-সকল বর্তনীতে এক বা একাধিক বিন্দু ভূ-সংলগ্ন সেই সকল বিন্দুর বিভবকে শূন্য ধরিয়া লওয়া হয়। অর্থাৎ, ভূ-সংলগ্ন বিন্দুর বিভবকেই বিভব-পরিমাপের নির্দেশ লেভেল (reference level) ধরা হয়। কাজেই, 308 নং চিত্রে প্রদত্ত বর্তনীতে B বিন্দুর বিভব হইবে শূন্য। এই বিন্দুর বিভবের সাপেক্ষে বর্তনীর অন্যান্য বিন্দুর বিভব পরিমাপ করিতে হইবে।

বর্তনীর মোট রোধ, $R=(3+5{\cdot}6+0{\cdot}4)=9\Omega$

কাজেই, বর্তনীর প্রবাহমাত্রা, $i=\frac{E}{R}=\frac{9 \text{ volt}}{9\Omega}=1$ অ্যাম্পিয়ার

এই তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ A হইতে C-এর দিকে। এখন, A এবং B বিন্দুর বিভব-বৈষম্য=তড়িৎ-প্রবাহ×AC অংশের রোধ

$=(1 \text{ amp})\times(3\Omega)=3$ volt

চিত্র 308

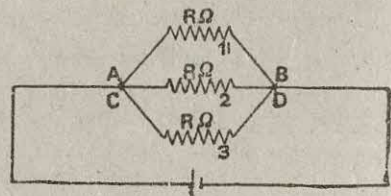
A বিন্দুর বিভব B-বিন্দুর বিভব অপেক্ষা বেশি বলিয়া B-বিন্দুর বিভব +3 volt হইবে।

অনুরূপভাবে, B এবং C-বিন্দুর বিভব-বৈষম্য

=তড়িৎ-প্রবাহ×BC অংশের রোধ

$=(1 \text{ amp})\times(5{\cdot}6\Omega)=5{\cdot}6$ volt

এখন, B-বিন্দু অপেক্ষা C-বিন্দুর বিভব কম বলিয়া C-বিন্দুর বিভব হইবে $-5{\cdot}6$ volt।

492. A-বিন্দু এবং C-বিন্দু রোধহীন পরিবাহী AEC-দ্বারা যুক্ত বলিয়া ইহাদের মধ্যে কোন বিভব-বৈষম্য থাকিতে পারে না। অর্থাৎ, ইহারা কার্যত একই বিন্দু—এইরূপ মনে করা যায়। অনুরূপভাবে, B এবং D-বিন্দু দুইটিও কার্যত একই বিন্দু। সুতরাং, আলোচ্য বর্তনীটি 309 নং চিত্রে প্রদত্ত বর্তনীর তুল্য। কাজেই, এই বর্তনীর রোধ প্রকৃতপক্ষে RΩ মানের তিনটি রোধের সমান্তরাল সমবায়ের রোধের সমান।

চিত্র 309

অর্থাৎ, বর্তনীর তুল্য রোধকে R_{eq} ধরিলে লেখা যায়,

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R}+\frac{1}{R}+\frac{1}{R} \quad \text{বা,} \quad R_{eq}=\frac{R}{3}\,\Omega$$

493. কোষগুলিকে শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত করিলে তারের মধ্য দিয়া যে-তড়িৎ-প্রবাহ যায় তাহার মান,

$$i_1=\frac{nE}{nr+R}=\frac{E}{r+(R/n)} \quad \cdots \quad (i)$$

এখানে E হইল প্রতিটি কোষের তড়িচ্চালক বল, r হইল প্রতিটি কোষের আভ্যন্তরীণ রোধ এবং R হইল বহির্বর্তনীর রোধ।

কোষগুলিকে সমান্তরাল-সমবায়ে যুক্ত করিলে তারের মধ্য দিয়া যে-তড়িৎ-প্রবাহ যায় তাহার মান, $i_2=\frac{E}{(r/n)+R}$ ... (ii)

কাজেই, $i_1=i_2$ হইলে পাই, $r+\frac{R}{n}=\frac{r}{n}+R$ বা, $(R-r)\left(1-\frac{1}{n}\right)=0$

কাজেই, $R=r$, কেননা, $n\neq 1$

অর্থাৎ, তারটির রোধ কোষগুলির প্রতিটির আভ্যন্তরীণ রোধের সমান হইলে কোষগুলিকে শ্রেণী-সমবায়ে এবং সমান্তরাল-সমবায়ে যুক্ত করিলে একই তড়িৎ-প্রবাহ পাওয়া যাইবে।

494. টর্চে নির্জল কোষ (dry cell) ব্যবহৃত হয়। এই কোষে ছদন-নিবারক হিসাবে ম্যাঙ্গানিজ-ডাই অক্সাইড ব্যবহার করা হয়। কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও উৎপন্ন হাইড্রোজেনের রাসায়নিক ক্রিয়ার দ্রুতি খুব কম। কাজেই, টর্চ জ্বালাইলে নির্জল কোষে যে-হারে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় সে-হারে উহা ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করে না। কাজেই, একটানা কিছুক্ষণ টর্চ জ্বালাইয়া রাখিলে নির্জল কোষের কার্বন দণ্ডের উপর হাইড্রোজেন গ্যাসের আস্তরণ পড়ে অর্থাৎ, নির্জল কোষ ছদনগ্রস্ত হইয়া পড়ে। ইহাতে বর্তনীর প্রবাহ কমিয়া যাইতে থাকে।

কিছুক্ষণ তড়িৎ-প্রবাহ না গেলে ছদনগ্রস্ত নির্জল কোষের কার্বন-দণ্ডের উপর উৎপন্ন হাইড্রোজেন-আস্তরণটি অপসৃত হয়। এইজন্য কিছুক্ষণ নিভাইয়া টর্চটি পুনরায় জ্বালাইলে দেখা যাইবে যে, উহার ঔজ্জ্বল্য পূর্বের ন্যায় হইয়াছে।

495. একটি ভোল্টমিটারকে কোন তড়িৎ-কোষের সহিত যুক্ত করিলে ভোল্ট-মিটারের পাঠ তড়িচ্চালক বল E-এর মান দেয় না। এই সময় ভোল্টমিটার যে-পাঠ দেয় উহা তড়িৎ-কোষের দুই তড়িদ্দ্বারের বিভব-বৈষম্যের সমান। কোষের মধ্য দিয়া I তড়িৎ-প্রবাহ চলিলে উহার দুই তড়িদ্দ্বারের বিভব-বৈষম্য

$$V=E-Ir \quad \cdots \quad (i)$$

তড়িৎ-কোষের আভ্যন্তরীণ রোধ অজানা বলিয়া ভোল্টমিটার এবং অ্যাম্মিটারের পাঠ হইতে E-এর মান পাওয়া যায় না। কিন্তু 289 নং চিত্রের বর্তনীর পরিবর্তনীয় রোধটির সঞ্চরণশীল স্পর্শবিন্দু (sliding contact) P-এর অবস্থান বদলাইয়া উহার দুইটি অবস্থানের জন্য অ্যাম্মিটার পাঠ (I_1 এবং I_2) এবং ভোল্টমিটারের পাঠ (V_1 এবং V_2) লওয়া হইলে আমরা নিম্নরূপ দুইটি সমীকরণ পাইব

$$E=V_1+I_1r \text{ এবং } E=V_2+I_2r \quad \cdots \quad (ii)$$

সমীকরণ (ii) হইতে পাই, $r=\frac{V_1-V_2}{I_2-I_1}$

কাজেই, তড়িৎ-কোষের তড়িচ্চালক বল,

$$E = V_1 + I_1 r = V_1 + I_1 . \frac{V_1 - V_2}{I_2 - I_1}$$

496. গ্যালভানোমিটারের রোধ, $G = 5 \cdot 0\ \Omega$

এখন, R_1 এবং R_2-এর শ্রেণী-সমবায়ের তুল্য রোধের মান এইরূপ হওয়া প্রয়োজন যাহাতে +-চিহ্নিত বন্ধনী এবং 1·5 A-চিহ্নিত বন্ধনীর সহিত যুক্ত বর্তনীর মূলপ্রবাহ 1·5 A হইলে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়া 10 mA তড়িৎ-প্রবাহ যায়। আমরা জানি যে, সান্টের রোধ S হইলে মূলপ্রবাহ i-এর সহিত গ্যালভানোমিটার বর্তনীর প্রবাহ i_g-এর সম্পর্কটি নিম্নরূপ—

$$i_g = \frac{S}{S+G} . i \qquad \cdots \qquad (i)$$

এখানে, $S = R_1 + R_2$, $G = 5\ \Omega$, $i_g = 10 \times 10^{-3}$ A এবং $i = 1 \cdot 5$ A

কাজেই, সমীকরণ (i) হইতে পাই, $10^{-2} = \frac{R_1 + R_2}{(R_1 + R_2) + 5} \times 1 \cdot 5$

বা, $(R_1 + R_2) = 33 \cdot 3\ m\Omega$ (প্রায়)

আবার যখন +-চিহ্নিত বন্ধনী এবং 15A-চিহ্নিত বন্ধনীর সহিত যুক্ত বর্তনীর মধ্য দিয়া 15A তড়িৎ-প্রবাহ যায় তখনও গ্যালভানোমিটার বর্তনীর মধ্য দিয়া 10 mA তড়িৎ-প্রবাহ যাইবে। এক্ষেত্রে R_2 রোধটি G-এর সহিত শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত। কাজেই, এক্ষেত্রে গ্যালভানোমিটার বর্তনীর রোধ, $G' = (R_2 + G)$ এবং সান্টের রোধ $S' = R_1$

এক্ষেত্রে, $i_g = \frac{S'}{S' + G'} . i$ বা, $10^{-2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + G} \times 15$

বা, $R_1 = \frac{R_1 + R_2 + 5}{1500} \Omega = \frac{5 \cdot 0333}{1500} \Omega = 3 \cdot 3\ m\Omega$ (প্রায়)

সুতরাং, $R_2 = 33 \cdot 3 - R_1 = 30\ m\Omega$ (প্রায়)

497. (*i*) চল কুণ্ডলী গ্যালভানোমিটারটির মধ্য দিয়া 10 mA তড়িৎ-প্রবাহ গেলে উহার পূর্ণ স্কেল বিক্ষেপ ঘটে। কাজেই, +-চিহ্নিত এবং X-চিহ্নিত বন্ধনীর মধ্যে সর্বোচ্চ যে বিভব-বৈষম্য প্রয়োগ করা যায় উহার মান

$$V = (10\ mA) \times (5\ ohm) = 50\ mV$$

সুতরাং, X-চিহ্নিত বন্ধনীতে '50 mV' লিপিবদ্ধ করিতে হইবে।

(*ii*) রোধ R_1-এর মান এইরূপ হওয়া প্রয়োজন যাহাতে G এবং R-এর শ্রেণী-সমবায়ের মধ্য দিয়া 10 mA তড়িৎ-প্রবাহ গেলে এই শ্রেণী-সমবায়ের দুই প্রান্তে 1·5 V বিভব-পতন ঘটে।

অর্থাৎ, $(G + R_1) \times 10 \times 10^{-3} = 1 \cdot 5$

বা, $(5 + R_1) = 150$ বা, $R_1 = 145\Omega$

আবার, R_2-এর মান এইরূপ হওয়া প্রয়োজন যাহাতে G, R_1, এবং R_2-এর শ্রেণী-সমবায়ের মধ্য দিয়া 10 mA তড়িৎপ্রবাহ গেলে ঐ শ্রেণী-সমবায়ের দুই প্রান্তে 15 V বিভব-পতন ঘটে। অর্থাৎ

$$(G+R_1+R_2)\times 10\times 10^{-3}=15$$

বা, $5+145+R_2=1500$

বা, $R_2=1350\ \Omega$

498. সুইচ্ K বন্ধ করা হইলে, অর্থাৎ যখন L_3 বাতিটিকে জ্বালান হইলে AB অংশের রোধ কমিয়া যাইবে। ইহাতে L_1 বাতির মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের মান বৃদ্ধি পাইবে। ফলে L_1 বাতিতে বিভব-পতনের মান বাড়িবে এবং A ও B বিন্দুর বিভব-বৈষম্য হ্রাস পাইবে। কাজেই, এই সময় L_2 বাতির মধ্য দিয়া পূর্বাপেক্ষা কম তড়িৎ-প্রবাহ যায়। ইহাতে L_2 বাতির ঔজ্জ্বল্য কমিয়া যায়।

499. মনে করি, তারটির প্রাথমিক দৈর্ঘ্য l এবং প্রাথমিক রোধ R। ইহার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A হইলে তারটির আয়তন, $V=l\times A$

প্রশ্নের শর্তানুসারে, আয়তন অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া দৈর্ঘ্য দ্বিগুণিত ($2l$) হইলে তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল অর্ধেক $\left(\frac{A}{2}\right)$ হইবে।

এখন, তারের উপাদানের রোধাঙ্ক ρ হইলে লেখা যায়,

$$R=\rho\frac{l}{A} \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

দৈর্ঘ্য দ্বিগুণিত হইবার ফলে পরিবর্তিত রোধের মান R' হইলে লেখা যায়,

$$R'=\rho\times\frac{(2l)}{\left(\frac{A}{2}\right)}=4\rho\frac{l}{A} \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $R'=4R$

অর্থাৎ, টান প্রয়োগের ফলে তারটির দৈর্ঘ্য দ্বিগুণিত হইলে উহার রোধ বাড়িয়া পূর্ববর্তী মানের চতুর্গুণ হইবে।

500. তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চলে আয়নের প্রবাহের সাহায্যে। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য তরলের মধ্য দিয়া যে-দিকে তড়িৎ-প্রবাহ যায় সেই অভিমুখে ধনাত্মক আয়ন এবং উহার বিপরীত অভিমুখে ঋণাত্মক আয়ন প্রবাহিত হয়। ধাতব পরিবাহীর মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চলে মুক্ত ইলেকট্রনের প্রবাহের সাহায্যে। তড়িৎ-প্রবাহ বলিতে আমরা ধনাত্মক আধানের প্রবাহ বুঝি। কিন্তু ইলেকট্রন ঋণাত্মক তড়িৎ-গ্রস্ত কণা। কাজেই, ইলেকট্রন যে-দিকে প্রবাহিত হয় তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ উহার বিপরীত দিকে।

501. বৈদ্যুতিক হিটার তড়িৎ-প্রবাহের তাপীয় প্রভাবের ভিত্তিতে ক্রিয়া করে। R রোধবিশিষ্ট কোন হিটারের তারের মধ্য দিয়া কোন নির্দিষ্ট মুহূর্তে I তড়িৎ-প্রবাহ চলিলে সেই মুহূর্তে ঐ তারে উদ্ভূত তাপের হার I^2R-এর সমান। লক্ষণীয় যে,

উদ্ভূত তাপের হার তড়িৎ-প্রবাহের বর্গের সমানুপাতিক। কাজেই, ইহা তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখের উপর নির্ভরশীল নয়। অর্থাৎ, তড়িৎ-প্রবাহ সমমুখীই হোক আর পরিবর্তীই হোক, উভয় ক্ষেত্রেই হিটারের তার উত্তপ্ত হইবে।

502. তারগুলিকে যে-দুইটি বিন্দুর সহিত যুক্ত রহিয়াছে উহাদের মধ্যে স্থির বিভব-বৈষম্য=V (ধরি)।

এই দুই বিন্দুতে R রোধসম্পন্ন কোন তার যুক্ত করিলে উহাতে উৎপন্ন তাপের হার,
$$H=\frac{V^2}{JR} \quad \cdots \quad (i)$$
এখানে, J হইল তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক।

আলোচ্য তারের দৈর্ঘ্য l এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল s হইলে লেখা যায়,
$$R=\rho\frac{l}{s} \quad \cdots \quad (ii)$$
ρ হইল তারের উপাদানের আপেক্ষিক রোধ (specific resistance) বা রোধাঙ্ক (resistivity)।

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $H=\frac{V^2}{\rho}\cdot\frac{s}{Jl}$

প্রতিটি তারের মাপ সমান বলিয়া এক্ষেত্রে $\frac{V^2 s}{JL}$ একটি ধ্রুবক (constant)।

অর্থাৎ, উৎপন্ন তাপের হার $H\propto\frac{1}{\rho}$

স্পষ্টতই বুঝা যাইতেছে যে, যে-তারের উপাদানের রোধাঙ্ক সর্বাপেক্ষা কম উহাতেই জুল প্রক্রিয়াজনিত তাপ-উৎপাদনের হার সর্বোচ্চ হইবে।

503. R রোধ-সম্পন্ন একটি তারের দুই প্রান্তে V বিভব-বৈষম্য বজায় রাখিলে উহাতে যে-হারে শক্তি ব্যয়িত হইবে তাহা নিম্নরূপে নির্ণয় করা যায়।

ব্যয়িত শক্তির হার বা ক্ষমতা, P=বিভব-বৈষম্য×প্রতি সেকেণ্ডে প্রবাহিত তড়িদাধান

$$\text{বা,}\quad P=V\times I \quad \cdots \quad (i)$$
ওহ্‌মের সূত্রানুসারে, I=V/R বলিয়া লেখা যায়,
$$P=V\times\frac{V}{R}=\frac{V^2}{R} \quad \cdots \quad (ii)$$
আবার, V=IR বলিয়া সমীকরণ (i) হইতে পাই,
$$P=(IR)\times I=I^2R \quad \cdots \quad (iii)$$
(ii) নং সমীকরণ হইতে দেখা যাইতেছে যে, V ধ্রুবক হইলে ব্যয়িত ক্ষমতা P (বা, তারে উৎপন্ন তাপের হার) R-এর ব্যস্তানুপাতিক। আবার সমীকরণ (iii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, I ধ্রুবক হইলে ব্যয়িত ক্ষমতা P (বা, উৎপন্ন তাপের হার) R-এর সমানুপাতিক।

বিভিন্ন তারকে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করিয়া উহাদের দুই প্রান্তে স্থির বিভব-বৈষম্য প্রয়োগ করিলে প্রতিটি তারের ক্ষেত্রে V-এর মান সমান হইবে, কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহ I-এর মান বিভিন্ন তারের ক্ষেত্রে বিভিন্ন হইবে, এক্ষেত্রে I স্থির রাশি নয় বলিয়া (iii) নং সমীকরণ হইতে এই সিদ্ধান্ত করা যায় না যে, ব্যয়িত শক্তির হার R-এর সমানুপাতিক। V স্থির বলিয়া এক্ষেত্রে (ii) নং সমীকরণটি প্রযোজ্য। কাজেই, বলা যায় যে, সমান্তরালভাবে যুক্ত বিভিন্ন রোধের ক্ষেত্রে

$$\text{উৎপন্ন তাপের হার} \propto \frac{1}{R}$$

অর্থাৎ, সমান্তরালভাবে যুক্ত রোধগুলির ক্ষেত্রে, যে-রোধের মান যত কম উহাতে উৎপন্ন তাপের হার তত বেশি হইবে।

লক্ষনীয় যে, শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত রোধের ক্ষেত্রে সকল রোধের মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের মান সমান। কিন্তু প্রতিটি রোধের দুই প্রান্তে বিভব-বৈষম্য সমান নয়। V স্থির নয় বলিয়া (ii) নং সমীকরণ হইতে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় না যে, উৎপন্ন তাপ R-এর ব্যস্তানুপাতিক। এক্ষেত্রে প্রতিটি রোধের মধ্য দিয়া একই তড়িৎ-প্রবাহ প্রবাহিত হয় বলিয়া I-কে স্থির রাশি বলিয়া ধরা যায়। সুতরাং, শ্রেণী-সমবায়ের ক্ষেত্রে (iii) নং সমীকরণ প্রয়োগ করিয়া বলা যায় যে, কোন তারে উৎপন্ন তাপের হার উহার রোধের সমানুপাতিক,

$$\text{উৎপন্ন তাপের হার}, \propto R$$

অর্থাৎ, শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত বিভিন্ন রোধের ক্ষেত্রে যে-রোধের মান যত বেশি উহাতে উৎপন্ন তাপের হার তত বেশি হইবে।

504. V বিভব-বৈষম্যসম্পন্ন সরবরাহ লাইনে R রোধবিশিষ্ট একটি বাতি জ্বালাইলে যে-বৈদ্যুতিক শক্তি ব্যয়িত হয় উহার মান W হইলে লেখা যায়,

$$W = \frac{V^2}{R} \quad \text{বা,} \quad R = \frac{V^2}{W} \qquad \cdots \qquad \text{(i)}$$

লক্ষণীয় যে, V ধ্রুবক হইলে কোন বাতির রোধ উহার ক্ষমতার ব্যস্তানুপাতিক;

অর্থাৎ, $$R \propto \frac{I}{W}$$

সুতরাং, কোন নির্দিষ্ট সরবরাহ লাইনে যুক্ত বৈদ্যুতিক বাতির ক্ষেত্রে যে-বাতির ক্ষমতা যত বেশি হইবে, সেই বাতির ক্ষমতা তত কম হইবে। কাজেই 220 V সরবরাহ লাইনে 250 W ক্ষমতা-সম্পন্ন বাতির রোধ 100 W ক্ষমতাসম্পন্ন বাতির রোধ অপেক্ষা কম হইবে।

বাতি দুইটি যখন 220 V সরবরাহ লাইনে জ্বলিতেছে তখন উহাদের রোধ কত হইবে তাহা (i) নং সমীকরণের সাহায্যে সহজেই নির্ণয় করা যায়।

250 W ক্ষমতা-সম্পন্ন বাতির রোধ, $R_{250} = \frac{(220)^2}{100} = 193{\cdot}6\Omega$

এবং 100 W ক্ষমতা-সম্পন্ন বাতির রোধ, $R_{100}=\frac{(220)^2}{100}=484\Omega$

স্পষ্টতই, $R_{250}<R_{100}$

505. 100 W ক্ষমতাসম্পন্ন বাতির রোধ অপেক্ষা 500 W ক্ষমতাসম্পন্ন বাতির রোধ কম। কাজেই, একটি ব্যাটারী-সমবায়ের সহিত 100 W ক্ষমতাসম্পন্ন বাতি যুক্ত করা হইলে বর্তনীতে যে-তড়িৎপ্রবাহ যাইবে 500 W ক্ষমতাসম্পন্ন বাতিটি যুক্ত করা হইলে বর্তনীতে তদপেক্ষা বেশি মাত্রার তড়িৎপ্রবাহ যাইবে।

বলা হইয়াছে যে, 100 W – 110 V বাতিটিকে ব্যাটারী সমবায়ের সহিত যুক্ত করিলে উহা স্বাভাবিক ঔজ্জ্বল্য লইয়া জ্বলে। কাজেই, ব্যাটারীর আভ্যন্তরীণ রোধের মান এইরূপ যাহাতে এক্ষেত্রে ব্যাটারীর দুই তড়িদ্দ্বারের বিভব-বৈষম্য 110 V হয়। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে তড়িচ্চালক বল হইতে ব্যাটারীর আভ্যন্তরীণ বিভব-পতন (internal drop) বাদ দিলে 110 V হইবে।

একই ব্যাটারী সমবায়ের সহিত 500 W ক্ষমতাসম্পন্ন বাতি যুক্ত করিলে তড়িৎ-প্রবাহের মান পূর্বাপেক্ষা বেশি হইবে। ফলে এই সময় ব্যাটারীতে বিভব-পতন পূর্বাপেক্ষা বেশি হইবে। ইহার ফলে এক্ষেত্রে ব্যাটারীর দুই তড়িদ্দ্বারের বিভব-বৈষম্য 110 V অপেক্ষা কম হইবে। অর্থাৎ, 500 W ক্ষমতাসম্পন্ন বাতির দুইপ্রান্তে 110 V বিভব-বৈষম্য ক্রিয়া করে না। ইহার ফলে বাতিটি স্বাভাবিক ঔজ্জ্বল্যে জ্বলিতে পারে না।

506. মনে করি, প্রথমে n সংখ্যক সদৃশ বৈদ্যুতিক বাতিকে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করিয়া ঐ সমবায়কে 220 V সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত করা হইল। এক্ষেত্রে, প্রতিটি বাতির দুই প্রান্তে ক্রিয়াশীল বিভব বৈষম্য

$$V=\frac{220}{n} \text{ volt} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

একটি বাতি 'ফিউজ' হইবার পর বাকিগুলিকে [অর্থাৎ $(n-1)$ সংখ্যক বাতিকে] শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করিলে প্রতিটি বাতির দুই প্রান্তে ক্রিয়াশীল বিভব-বৈষম্য

$$V'=\frac{220}{(n-1)} \text{ volt} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

স্পষ্টতই, $V'>V$, অর্থাৎ, প্রথম ক্ষেত্র অপেক্ষা দ্বিতীয় ক্ষেত্রে প্রতিটি বাতির দুই প্রান্তে ক্রিয়াশীল বিভব-বৈষম্যের মান বেশি হইবে। ফলে দ্বিতীয় ক্ষেত্রেই বাতিগুলির ঔজ্জ্বল্য অপেক্ষাকৃত বেশি হইবে।

507. মনে করি, তারটির দুই প্রান্তে প্রযুক্ত বিভব-বৈষম্য $=V$

যখন সমগ্র তারটির উষ্ণতা সমান তখন উহার উভয় অর্ধাংশে ক্রিয়াশীল বিভব-বৈষম্য $=V/2$, কারণ এই সময় দুই অর্ধাংশে রোধ সমান। তড়িৎ-প্রবাহের ফলে উত্তপ্ত ধাতব তারটির এক অর্ধাংশ শীতল জলে ডুবাইলে ঐ অংশটি উহার অপর অর্ধাংশ অপেক্ষা শীতল হইবে, ইহাতে এই অংশের রোধ কমিবে। উভয় অর্ধাংশের মধ্য দিয়া একই তড়িৎ-প্রবাহ যায় বলিয়া এই সময় শীতল অর্ধাংশ অপেক্ষা উষ্ণ

অর্ধাংশের দুই প্রান্তে ক্রিয়াশীল বিভব-বৈষম্যের মান বেশি হইবে। অর্থাৎ, তড়িৎ-বাহী উত্তপ্ত ধাতব তারটির এক অর্ধাংশ শীতল জলে ডুবাইয়া দিলে অপর অংশে ক্রিয়াশীল বিভব-বৈষম্যের মান V/2 অপেক্ষা বেশি হইবে। ইহার ফলে উত্তপ্ত তারের এক অংশ শীতল জলে ডুবাইলে অপর অংশে তাপ উৎপাদনের হার বৃদ্ধি পায় এবং ইহার উষ্ণতা পূর্বাপেক্ষাও বাড়িয়া যায়।

508. কেটলিটিকে স্থির বিভব-বৈষম্য V-এর সহিত যুক্ত করিলে t সময়ে উহার তাপক-তারে উৎপন্ন তাপ

$$Q=\frac{V^2t}{R_1J}$$

এখানে R_1 হইল তাপক-তারটির রোধ এবং J হইল তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক।
পারিপার্শ্বিক বায়ুমণ্ডলের সহিত তাপ-লেনদেনের ফলে কোন তাপক্ষয় হইতেছে না বলিয়া সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, কেটলীর তরলকে স্ফুটনাঙ্কে আনিতে হইলে উভয় ক্ষেত্রেই একই পরিমাণ তাপ উৎপন্ন করিতে হইবে। 15 মিনিটের পরিবর্তে 10 মিনিটে কেটলীর তরলকে স্ফুটনাঙ্কে তুলিতে হইলে কেটলীর তাপক-তারটির রোধ এমনভাবে বদলাইতে হইবে যাহাতে $\frac{15}{R_1}=\frac{10}{R_2}$ হয়।

[কেননা, V এবং Q নির্দিষ্ট থাকিলে সমীকরণ (i) হইতে পাই, $t/R=$ ধ্রুবক]

$$\therefore \quad R=\tfrac{2}{3}R_1$$

কাজেই দেখা যাইতেছে যে তাপক-তারটির রোধ এক-তৃতীয়াংশ কমাইতে হইবে। অর্থাৎ, তাপক-তারটির দৈর্ঘ্য কমাইয়া $6\times\frac{2}{3}$ বা 4 m করিলে কেটলীর জল 15 মিনিটের পরিবর্তে 10 মিনিটে স্ফুটনাঙ্কে আসিবে।

509. তাপক-কুণ্ডলী দুইটি সদৃশ বলিয়া ইহাদের রোধ সমান। ইহারা শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত বলিয়া ইহাদের মধ্য দিয়া একই প্রবাহমাত্রা চলিতেছে। কাজেই, উভয় তাপক-কুণ্ডলীতে একই হারে বৈদ্যুতিক শক্তি ব্যয়িত হইতেছে। কিন্তু ইহা সত্ত্বেও উভয় কুণ্ডলীর ঔজ্জ্বল্য সমান হইবে না। হাইড্রোজেনপূর্ণ কুণ্ডে আবদ্ধ কুণ্ডলী অপেক্ষা বায়ুশূন্য কুণ্ডে আবদ্ধ কুণ্ডলীটি অধিকতর উজ্জ্বলভাবে জ্বলিবে। ইহার কারণ এই যে, হাইড্রোজেনপূর্ণ কুণ্ডের মধ্যবর্তী কুণ্ডলী উত্তপ্ত হইলে উহার সংস্পর্শে আসিয়া হাইড্রোজেন গ্যাসও উত্তপ্ত হয়, ইহাতে কুণ্ডের মধ্যে পরিচলন প্রবাহের সৃষ্টি হয়। পরিচলন পদ্ধতিতে এই কুণ্ডলীতে উৎপন্ন তাপশক্তির একাংশ অপচিত হয়। বায়ুশূন্য কুণ্ডে পরিচলন পদ্ধতিতে কোনরূপ তাপশক্তির অপচয় ঘটে না। ফলে হাইড্রোজেনপূর্ণ কুণ্ডে অবস্থিত কুণ্ডলী অপেক্ষা বায়ুশূন্য কুণ্ডে অবস্থিত কুণ্ডলীটির উষ্ণতা বেশি হয়। ইহার ফলে বায়ুশূন্য কুণ্ডের মধ্যবর্তী কুণ্ডলীটির ঔজ্জ্বল্য বেশি হয়।

510. কার্বন ফিলামেন্টের তৈয়ারী বাতিটি অপেক্ষাকৃত উজ্জ্বলভাবে জ্বলিবে। ইহার কারণ নিম্নে ব্যাখ্যা করা হইল। ধাতব তারের এবং কার্বন ফিলামেন্টের রোধের উপর উষ্ণতার প্রভাব ভিন্ন। উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে ধাতব ফিলামেন্টের রোধ

বাড়ে, কিন্তু কার্বন ফিলামেন্টের রোধ কমে। উভয় বাতির দুই প্রান্তে 120 volt বিভব-বৈষম্য প্রয়োগ করিলে ভাস্বর অবস্থায় ইহাদের ফিলামেন্টের রোধ সমান হইবে, কেননা, উভয়ের ক্ষমতা সমান। যখন শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত বাতি দুইটিকে 120 volt বিভব-বৈষম্যের সহিত যুক্ত করা হয়, তখন উভয় বাতির ঔজ্জ্বল্যই উহাদের স্বাভাবিক ঔজ্জ্বল্য অপেক্ষা কম হয়। এই সময় উভয় ফিলামেন্টের উষ্ণতাও স্বাভাবিক উষ্ণতা অপেক্ষা কম। 120 volt বিভব-বৈষম্যের প্রভাবে ভাস্বর অবস্থায় উভয় ফিলামেন্টের রোধ সমান বলিয়া শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত অবস্থায় ধাতব ফিলামেন্টে রোধ অপেক্ষা কার্বন ফিলামেন্টের রোধের মান বেশি। শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত অবস্থায় উভয় বাতির মধ্য দিয়া একই তড়িৎ-প্রবাহ যায় বলিয়া এই সময় কার্বন ফিলামেন্টের উদ্ভূত তাপের পরিমাণ ধাতব ফিলামেন্টে উদ্ভূত তাপশক্তি অপেক্ষা বেশি হইবে, কাজেই কার্বন ফিলামেন্টটি অধিকতর উজ্জ্বলভাবে জ্বলিবে।

511. জুলের সূত্র হইতে আমরা জানি যে, তড়িৎ-প্রবাহের মান নির্দিষ্ট হইলে উৎপন্ন তাপের হার পরিবাহীর রোধের সমানুপাতিক। লাইন তার অপেক্ষা বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্টের রোধ অনেক বেশি। কাজেই ইহাদের মধ্য দিয়া একই পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ গেলেও লাইন তার অপেক্ষা বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্টে অনেক বেশি তাপ উৎপন্ন হয়। এইজন্য লাইন তার অপেক্ষা ফিলামেন্টটি অনেক বেশি উত্তপ্ত এবং ভাস্বর হইয়া উঠে।

512. R রোধ-সম্পন্ন কোন বাতিকে মেইন-এর সহিত যুক্ত করিলে উহাতে যে-হারে শক্তি ব্যয়িত হয় উহার মান

$$W=I^2R=\left(\frac{V}{R}\right)^2 . R=\frac{V^2}{R},\ V=\text{প্রযুক্ত বিভব-বৈষম্য}$$

অর্থাৎ, যে-বাতির রোধ যত কম উহাতে তত বেশি হারে শক্তি ব্যয়িত হইবে। ভাষান্তরে বলা যায়, যে-বাতির ক্ষমতা কম উহার রোধ তত বেশি এবং যে-বাতির ক্ষমতা বেশি উহার রোধ তত কম। সুতরাং, 25 watt ক্ষমতাসম্পন্ন বাতিটির রোধ অপেক্ষা 100 watt ক্ষমতা-সম্পন্ন বাতিটির রোধ কম।

এখন, একটি 25 watt ক্ষমতাসম্পন্ন বাতির সহিত একটি 100 watt ক্ষমতা-সম্পন্ন বাতিকে শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত করিয়া উহাদিগকে বৈদ্যুতিক মেইন-এর সহিত যুক্ত করিলে উভয় রোধের মধ্য দিয়া একই তড়িৎ-প্রবাহ যাইবে। কাজেই উক্ত বাতি দুইটিতে উৎপন্ন তাপ (I^2R) উহাদের রোধের সমানুপাতিক হইবে। 25 watt ক্ষমতা-সম্পন্ন বাতিটির রোধ অপেক্ষাকৃত বেশি বলিয়া এই বাতিটি অপরটি অপেক্ষা বেশি উজ্জ্বলভাবে জ্বলিবে।

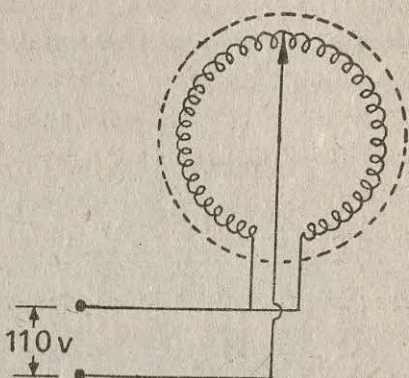
513. 220 V-এ ব্যবহারের জন্য নির্মিত কোন হিটারকে 110 V-এ ব্যবহার করিয়া একই ক্ষমতা পাইতে হইলে তাপন-কুণ্ডলীর কার্যকর রোধকে বদলাইতে হইবে। এই উদ্দেশ্যে তাপন-কুণ্ডলীটিকে সরবরাহ লাইনের সহিত যে-ভাবে যুক্ত করিতে হইবে তাহা 310 নং চিত্রে দেখান হইয়াছে।

তাপন-কুণ্ডলীর দুই প্রান্ত যুক্ত করিতে হইবে। 110 V সরবরাহ লাইনের একটি তড়িদ্দ্বারকে তাপন-কুণ্ডলীর দুই প্রান্তের সংযোগস্থলের সহিত এবং অপর তড়িদ্দ্বারকে মধ্যবিন্দুর সহিত যুক্ত করিতে হইবে। এইরূপভাবে যুক্ত করিলে-যে হিটারের ক্ষমতা অপরিবর্তিত থাকিবে নিম্নে তাহা দেখান হইল।

চিত্র 310

মনে করি, তাপন-কুণ্ডলীর রোধ $= R\Omega$

$\therefore$ 220 V বিভব-বৈষম্যের সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত করিলে প্রাপ্ত ক্ষমতা,

$$W_1 = \frac{(220)^2}{R} \text{ ওয়াট} \quad \cdots \quad (i)$$

310 নং চিত্রের ন্যায় যুক্ত করিলে তাপন-কুণ্ডলীর কার্যকর রোধ হইবে $\frac{R}{4}\ \Omega$ কেননা ইহার দুই অর্ধের রোধ $\frac{R}{2}\Omega$-এর সমান এবং এই দুই অর্ধ পরস্পর সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত আছে। কাজেই, 110 V বিভব-বৈষম্যের সরবরাহ লাইনের সহিত অনুরূপভাবে যুক্ত করিলে প্রাপ্ত ক্ষমতা,

$$W_2 = \frac{(110)^2}{(R/4)} = \frac{(220)^2}{R} \text{ ওয়াট} \quad \cdots \quad (ii)$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, $W_1 = W_2$

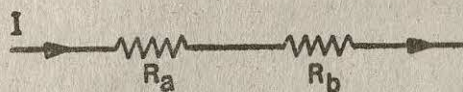
অর্থাৎ, 110 V বিভব-বৈষম্যের সরবরাহ লাইনের সহিত 310 নং চিত্রের ন্যায় যুক্ত করিলে হিটারটির ক্ষমতা অপরিবর্তিত থাকিবে।

514. আমরা জানি যে, $R\ \Omega$ রোধবিশিষ্ট কোন তারের মধ্য দিয়া I amp তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে উহাতে উৎপন্ন তাপশক্তির হার

$$H = 0{\cdot}24\ I^2Rt \text{ cal/sec} \quad \cdots \quad (i)$$

যখন A এবং B কুণ্ডলীদ্বয় শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত থাকে তখন উহাদের মধ্য দিয়া একই তড়িৎ-প্রবাহ যায়। মনে করি, এই তড়িৎ-প্রবাহের মান I অ্যাম্পিয়ার এবং উত্তপ্ত অবস্থায় A ও B তাপক-কুণ্ডলীদ্বয়ের রোধ যথাক্রমে $R_a\ \Omega$ এবং $R_b\ \Omega$।

কাজেই A-কুণ্ডলীতে প্রতি সেকেণ্ডে উৎপন্ন তাপ শক্তির পরিমাণ,

$$H_a = 0{\cdot}24\ I^2 R_a\ \text{cal} \qquad \cdots \qquad \text{(ii)}$$

চিত্র 311

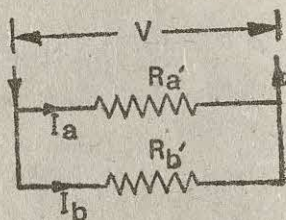
এবং, B-কুণ্ডলীতে প্রতি সেকেণ্ডে উৎপন্ন তাপশক্তির পরিমাণ

$$H_b = 0{\cdot}24\ I^2 R_b\ \text{cal} \qquad \text{(iii)}$$

প্রশ্নের শর্তানুসারে পাই, $H_a > H_b$

$\therefore$ সমীকরণ (ii) এবং (iii) হইতে পাই, $R_a > R_b$

অর্থাৎ, উত্তপ্ত অবস্থায় A-কুণ্ডলীর রোধ B-কুণ্ডলীর রোধ অপেক্ষা বেশি।

যখন A এবং B তাপক-কুণ্ডলীদ্বয় পরস্পর সমান্তরাল-সমবায়ে যুক্ত তখন উহাদের মধ্যে একই পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ যায় না। মনে করি, এই দুই কুণ্ডলীর সমান্তরাল-সমবায়ের দুই প্রান্তে V ভোল্ট বিভব-বৈষম্য প্রয়োগ করা হইল এবং ইহাতে A-কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া I_a অ্যাম্পিয়ার এবং B-কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া I_b অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ চলে। এই অবস্থায় A-কুণ্ডলীর রোধ R_a' এবং B-কুণ্ডলীর রোধ R_b' হইলে লেখা যায়,

চিত্র 312

A-কুণ্ডলীতে প্রতি সেকেণ্ডে উৎপন্ন তাপ-শক্তির পরিমাণ

$$H_b' = 0{\cdot}24 I^2 R_b' = 0{\cdot}24\left(\frac{V}{R_b'}\right)^2 R_b' = 0{\cdot}24\frac{V^2}{R_b'}\text{cal} \qquad \cdots \qquad \text{(iv)}$$

এবং B-কুণ্ডলীতে প্রতি সেকেণ্ডে উৎপন্ন তাপশক্তির পরিমাণ

$$H_b = 0{\cdot}24 I_b{}^2 R_b' = 0{\cdot}24\left(\frac{V}{R_b'}\right)^2 R_b' = 0{\cdot}24\frac{V^2}{R_b'}\ \text{cal} \qquad \cdots \qquad \text{(v)}$$

প্রশ্নের শর্তানুসারে, $H_b' > H_a'$

বা, $\frac{V^2}{R_b'} > \frac{V^2}{R_a'}$ বা, $R_a' > R_b'$

ইহা হইতেও বুঝা যাইতেছে যে, উত্তপ্ত অবস্থায় A-কুণ্ডলীর রোধ B-কুণ্ডলীর রোধ অপেক্ষা বেশি।

কিন্তু প্রশ্নানুসারে, মিটার ব্রিজের সাহায্যে A-এবং B-কুণ্ডলীদ্বয়ের রোধের তুলনা করিয়া দেখা গেল যে, উহাদের রোধ সমান। ইহা আমাদের পূর্ববর্তী পরীক্ষাগুলির ভিত্তিতে লব্ধ সিদ্ধান্তের বিরোধী। এই আপাত-বিরোধী পরীক্ষালব্ধ ফলের সম্ভাব্য ব্যাখ্যা নিম্নরূপ।

A এবং B তাপক-কুণ্ডলীদ্বয় দুইটি ভিন্ন ভিন্ন উপাদানের তৈয়ারী। A তাপক-কুণ্ডলীর উপাদানের রোধের উষ্ণতা-গুণাঙ্ক (temperature coefficient of resi-

stance) অপরটির উপাদানের রোধের উষ্ণতা-গুণাঙ্ক অপেক্ষাকৃত বেশি। মিটার ব্রিজের সাহায্যে যখন এই দুই তাপক-কুণ্ডলীর রোধ মাপা হয় তখন উহাদের উষ্ণতা-বৃদ্ধি উপেক্ষণীয়। এই সময় ইহাদের উষ্ণতা কার্যত পরীক্ষাগারের উষ্ণতার সমান হয়। শর্তানুসারে, পরীক্ষাগারের উষ্ণতায় A- এবং B-কুণ্ডলীর রোধ সমান। কিন্তু B-কুণ্ডলীর উপাদান অপেক্ষা A-কুণ্ডলীর উপাদানের রোধের উষ্ণতা-গুণাঙ্ক বেশি বলিয়া উত্তপ্ত অবস্থায় A-কুণ্ডলীর রোধও বেশি হইবে।

515. শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত অবস্থায় দুইটি বৈদ্যুতিক বাতির মধ্য দিয়া একই তড়িৎ-প্রবাহ যাইবে। মনে করি, এই তড়িৎ-প্রবাহের মান I। সুতরাং, r রোধ-বিশিষ্ট বাতির ফিলামেন্টে উৎপন্ন তাপের হার, $Q_1=I^2r$ এবং R রোধবিশিষ্ট ফিলামেন্টে উৎপন্ন তাপের হার, $Q_2=I^2R$। শর্তানুসারে, $R>r$ বলিয়া লেখা যায়, $Q_2>Q_1$

কাজেই, শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত অবস্থায় R রোধবিশিষ্ট ফিলামেন্টের উষ্ণতা অপেক্ষাকৃত বেশি হইবে, ফলে ইহার ঔজ্জ্বল্যও অপর বাতির ফিলামেন্ট অপেক্ষা বেশি হইবে।

516. প্রথমে অ্যাম্মিটারের পাঠের উপর উষ্ণতার পরিবর্তনের প্রভাব বিবেচনা করা যাক।

সাধারণ অ্যাম্মিটারের সহিত একটি সান্ট বা সমান্তরাল-সমবায়ে যুক্ত রোধ ব্যবহৃত হয়। অ্যাম্মিটার কুণ্ডলীর রোধ খুব কম থাকে। সান্টের রোধ তদপেক্ষাও কম হয়। সাধারণত অ্যাম্মিটার কুণ্ডলী এবং সান্ট তামার তারের দ্বারা তৈয়ারী করা হয়। অ্যাম্মিটার কুণ্ডলী এবং সান্টের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহের বণ্টন উহাদের রোধের অনুপাতের উপর নির্ভর করে। উষ্ণতার পরিবর্তনে তামার অ্যাম্মিটার কুণ্ডলী এবং তামার সান্টের রোধের আপেক্ষিক পরিবর্তন সমান হইবে বলিয়া উহাদের অনুপাত অপরিবর্তিত থাকিবে। সুতরাং, অ্যাম্মিটার কুণ্ডলীর এবং সান্টের উপাদান এক হইলে উষ্ণতার পরিবর্তনের সহিত অ্যাম্মিটারের পাঠের কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে না।

এইবার, ভোল্টমিটারের পাঠের উপর উষ্ণতার পরিবর্তনের প্রভাব বিবেচনা করা যাক।

আমরা জানি যে, ভোল্টমিটারের আভ্যন্তরীণ রোধ বেশি হওয়া প্রয়োজন। এইজন্য অপেক্ষাকৃত অল্প রোধবিশিষ্ট ভোল্টমিটার-কুণ্ডলীর সহিত শ্রেণী-সমবায়ে একটি উচ্চ মানের রোধ যুক্ত থাকে। শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত এই রোধটি সাধারণত উচ্চ আপেক্ষিক রোধবিশিষ্ট সঙ্কর ধাতু ম্যাঙ্গানিজ বা কনস্টানটান দ্বারা তৈয়ারী। উষ্ণতার পরিবর্তনের সহিত এই সকল সঙ্কর ধাতুর দ্বারা তৈয়ারী রোধ খুব সামান্যই পরিবর্তিত হয়, কেননা ইহাদের রোধের উষ্ণতা-গুণাঙ্কের মান কম। এইজন্য উষ্ণতার পরিবর্তনের ফলে ভোল্টমিটারের আভ্যন্তরীণ রোধের খুব বেশি পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ, ভোল্টমিটারের পাঠ কার্যত পারিপার্শ্বিকের উষ্ণতার পরিবর্তনের উপর নির্ভর করে না। উষ্ণতার পরিবর্তন যে কেবলমাত্র আলোচ্য যন্ত্রগুলির রোধকেই প্রভাবিত করে তাহাই নয়, যে-সকল সর্পিল স্প্রিং যন্ত্রগুলির বিক্ষেপ নিয়ন্ত্রণ করে উষ্ণতার পরিবর্তনের ফলে স্প্রিংগুলির স্থিতিস্থাপকতাও প্রভাবিত হয়। স্প্রিং-এর স্থিতি-

স্থাপকতার পরিবর্তনজনিত প্রভাব এড়াইবার জন্য নির্ভুল যন্ত্রাবলীর স্প্রিংগুলিকে এইরূপ একটি সঙ্কর ধাতু দ্বারা নির্মাণ করা হয় যাহার স্থিতিস্থাপকতা উষ্ণতা-নিরপেক্ষ। এই সঙ্কর ধাতুকে অ্যালিন্‌ভার (elinvar) বলা হয়।

517. কোন কারণে যদি বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহ বাড়িয়া যায় তবে বর্তনীতে প্রচণ্ড তাপের সৃষ্টি হয়। ইহার ফলে বর্তনীতে আগুন লাগিয়া ঘরবাড়ি, কল-কারখানায় অগ্নিকাণ্ডের সম্ভাবনা থাকে। যদি দৈবাৎ মেইনস (mains)-এর দুই তড়িদ্‌দ্বার অতি অল্প রোধের মধ্য দিয়া পরস্পরের সংস্পর্শে আসে, অর্থাৎ বর্তনী যদি 'সর্ট-সার্কিট' (short-circuit) হয়, তাহা হইলে প্রবাহমাত্রা খুব বাড়িয়া যাইতে পারে। এইরূপ অবস্থায় যাহাতে বর্তনীর কোন ক্ষতি না হইতে পারে সেইজন্য সতর্কতামূলক ব্যবস্থা হিসাবে 'বৈদ্যুতিক ফিউজ্' ব্যবহার করা হয়। ইহা টিন ও সীসার সঙ্কর ধাতুর দ্বারা তৈয়ারী (সীসা 75% ও টিন 25%)। এই তারটি সামান্য তাপেই গলিয়া যায়। ফিউজ্ তার বর্তনীতে শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত থাকে। কোন কারণে বর্তনীর প্রবাহমাত্রা বিপদ্‌সীমায় পৌঁছিলে ফিউজ্ তার গলিয়া যায়। ইহাতে বর্তনী ছিন্ন হয় এবং বর্তনীর প্রবাহ বন্ধ হইয়া যায়। ফলে বর্তনী পুড়িয়া যাইবার আশঙ্কা এড়ান যায়।

518. বৈদ্যুতিক হিটারের R ওহ্‌ম রোধবিশিষ্ট কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া I অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ চলিতে থাকিলে উহাতে প্রতি সেকেণ্ডে $0 \cdot 24\ I^2R$ ক্যালরি তাপ উৎপন্ন হইতে থাকে। এই তাপের প্রভাবে হিটারের উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইতে থাকে। তড়িৎ-প্রবাহের ফলে উদ্ভূত তাপের প্রভাবে হিটারের উষ্ণতা বাড়িলে পারিপার্শ্বিকের উষ্ণতা অপেক্ষা ইহার উষ্ণতা বেশি হয়। ইহার ফলে পরিবহণ, পরিচলন এবং বিকিরণ—এই তিনটি পদ্ধতিতে হিটার হইতে কিছু পরিমাণ তাপ বাহির হইয়া যাইতে থাকে। হিটারের উষ্ণতা যত বৃদ্ধি পায়, পরিচলন, পরিবহণ ও বিকিরণ পদ্ধতিতে তত বেশি তাপ হিটার হইতে বাহির হইয়া আসে। উৎপন্ন তাপের যে-অংশ হিটার হইতে বাহির হইয়া যায় (অর্থাৎ, অপচিত হয়) সেই অংশ হিটারের উষ্ণতা-বৃদ্ধির কাজে লাগে না। হিটারের উষ্ণতা যত বাড়ে অপচিত তাপের পরিমাণও তত বাড়ে বলিয়া হিটারের উষ্ণতা-বৃদ্ধির হারও কমিতে থাকে। হিটারের যে-উষ্ণতায় পরিবহণ, পরিচলন এবং বিকিরণজনিত তাপের অপচয়ের হার তড়িৎ-প্রবাহের ফলে উৎপন্ন তাপের হারের সমান হয় সেই সময় হিটারের উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি করিবার জন্য কোন তাপ হিটারে অবশিষ্ট থাকে না। কাজেই ঐ উষ্ণতার পর হিটারের উষ্ণতা আর বাড়ে না।

519. O-বিন্দুটি ABCD বর্গক্ষেত্রের মধ্যবিন্দু। কাজেই, AB, BC, CD এবং DA পরিবাহীগুলি হইতে উহার দূরত্ব সমান। সকল পরিবাহীর মধ্য দিয়া একই তড়িৎ-প্রবাহ I প্রবাহিত হইতেছে বলিয়া O বিন্দুতে ইহাদের দরুন উৎপন্ন চৌম্বক-ক্ষেত্রের প্রাবল্য সমান হইবে। কিন্তু প্রতিটি তড়িৎ-বাহী তারের দরুন O বিন্দুতে উৎপন্ন চৌম্বক-ক্ষেত্রের অভিমুখ এক নয়। AB এবং CD পরিবাহীর দরুন O বিন্দুতে যে-চৌম্বক-ক্ষেত্র উৎপন্ন হয় AD এবং BC পরিবাহীর দরুন O বিন্দুতে

উৎপন্ন চৌম্বক-ক্ষেত্র উহার সমান এবং বিপরীতমুখী। কাজেই, আলোচ্য চারিটি তড়িৎ-বাহী তারের দরুন O-বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য শূন্য হইবে।

520. ঋজু পরিবাহীর মধ্য দিয়া প্রবাহিত I_2 তড়িৎ-প্রবাহের ফলে উৎপন্ন চৌম্বক বলরেখাগুলি এই পরিবাহীকে কেন্দ্র করিয়া সমকেন্দ্রিক বৃত্ত হইবে। I_1 তড়িৎ-বাহী বৃত্তাকার কুণ্ডলীটি এই বলরেখাগুলির একাংশের সহিত সমাপতিত হইবে। আবার ঋজু পরিবাহীটি বৃত্তাকার কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া প্রবাহিত I_1 তড়িৎ-প্রবাহের ফলে উৎপন্ন অক্ষীয় (axial) বলরেখার সহিত সমাপতিত হইবে। আমরা জানি যে, তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখের সহিত চৌম্বক বলরেখার অভিমুখ সমান্তরাল হইলে তড়িৎ-বাহী পরিবাহীর উপর কোন বল ক্রিয়া করে না। কাজেই, এক্ষেত্রে ঋজু পরিবাহী-কর্তৃক উৎপন্ন চৌম্বক ক্ষেত্র তড়িৎ-বাহী বৃত্তাকার কুণ্ডলীর উপর কোনরূপ বল প্রয়োগ করে না। তড়িৎ-বাহী বৃত্তাকার কুণ্ডলীর দ্বারা উৎপন্ন তড়িৎ-ক্ষেত্রটিও ঋজু পরিবাহীর উপর কোন বল প্রয়োগ করে না।

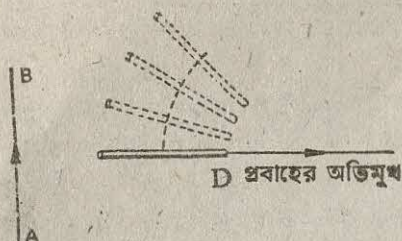
521. আমরা জানি যে, শূন্যস্থানে q আধানসম্পন্ন কোন বস্তুকণা যদি v গতিবেগ লইয়া একটি চৌম্বক-ক্ষেত্রের মধ্য দিয়া চলিতে থাকে তাহা হইলে ঐ আহিত কণার উপর ক্রিয়াশীল বলের মান,

$$F = q\,v\,H \sin\theta \qquad \cdots \qquad (i)$$

এখানে, H হইল চৌম্বক-ক্ষেত্রের প্রাবল্য এবং θ হইল আহিত কণার গতিবেগ v এবং চৌম্বক-ক্ষেত্র H-এর অন্তর্ভুক্ত কোণ।

সমীকরণ (i) হইতে দেখা যাইতেছে যে, $\theta = 0$ বা, π হইলে H-এর মান যাহাই হউক না কেন, আহিত কণার উপর ক্রিয়াশীল বল F-এর মান শূন্য হইবে। অর্থাৎ, যদি কোন আহিত বস্তুকণার গতিবেগ কোন চৌম্বক ক্ষেত্রের সমমুখী ($\theta = 0$) বা, বিপরীতমুখী ($\theta = \pi$) হয় তাহা হইলে ঐ বস্তুকণার উপর চৌম্বক ক্ষেত্র কোন বল প্রয়োগ করে না। কাজেই কোন স্থানে গতিশীল আহিত কণার বিক্ষেপ না হইলে ইহা নিশ্চিতভাবে বলা যায় না যে, ঐ স্থানে চৌম্বক-ক্ষেত্র নাই। কেবলমাত্র ইহাই নিশ্চিতভাবে বলা যায় যে, ঐ স্থানে চৌম্বক-ক্ষেত্র থাকিলেও আহিত কণার গতিবেগের লম্বাভিমুখে এই ক্ষেত্রের কোন উপাংশ নাই।

522. AB পরিবাহীর মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চলিতে থাকিলে ঐ পরিবাহীর চারিপার্শ্বে চৌম্বক-ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। AB পরিবাহীর নিকট অবস্থিত কোন বিন্দুতে চৌম্বক-ক্ষেত্রের প্রাবল্য AB হইতে ঐ বিন্দুর দূরত্বের ব্যস্তানুপাতিক। কাজেই, D বিন্দু অপেক্ষা C বিন্দুতে চৌম্বক-ক্ষেত্রের প্রাবল্যের মান বেশি। তড়িৎ-বাহী তার AB-কর্তৃক উৎপন্ন চৌম্বক-ক্ষেত্রে অবস্থিত CD পরিবাহীর মধ্য দিয়া তীরচিহ্নের অভিমুখে (অর্থাৎ C হইতে D-এর দিকে) তড়িৎ-প্রবাহ পাঠান হইলে CD পরিবাহীর বিভিন্ন অংশে বল (force) ক্রিয়া করিবে। ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত সূত্রানুসারে এই বলের অভিমুখ নির্ণয় করা যায়। বাম হস্তের তর্জনী, মধ্যমা ও অঙ্গুষ্ঠকে পরস্পর লম্বভাবে রাখিয়া তর্জনীকে CD পরিবাহীর মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখে (C হইতে D-এর দিকে) এবং মধ্যমাকে AB-তড়িৎবাহী

তার-কর্তৃক উৎপন্ন চৌম্বক-ক্ষেত্রের অভিমুখে প্রসারিত করিয়া ধরিলে অঙ্গুষ্ঠ CD-পরিবাহীর উপর ক্রিয়াশীল বলের অভিমুখ নির্দেশ করে। এক্ষেত্রে CD পরিবাহীর উপর ক্রিয়াশীল বল স্পষ্টতই AB-এর সমান্তরাল। এই বলের অভিমুখ A হইতে B-এর দিকে, অর্থাৎ উপরের দিকে (চিত্র 313)। D বিন্দু অপেক্ষা C বিন্দুতে চৌম্বক-ক্ষেত্রের প্রাবল্যের মান বেশি বলিয়া D বিন্দুতে ক্রিয়াশীল বল অপেক্ষা C ক্রিয়াশীল বলের মান বেশি হইবে। কাজেই, AB তড়িৎ-বাহী তার-কর্তৃক উৎপন্ন চৌম্বক-ক্ষেত্রের ফলে CD-এর উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বল CD-এর মধ্যবিন্দু O-এর বামদিকে ক্রিয়া করে। কাজেই, CD পরিবাহীটি AB এবং CD সরলরেখাগামী তলে উপরের দিকে উঠিতে থাকে, সেই সঙ্গে দক্ষিণাবর্তীভাবে (clockwise) ঘুরিতে থাকে (চিত্র 313)। যখন CD পরিবাহীটি AB তারের সমান্তরাল হয় তখন CD-পরিবাহীর উপর O বিন্দুতে একটি বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করিবে। ইহার ফলে CD পরিবাহী AB পরিবাহীর সমান্তরালভাবে দূরে সরিয়া যাইতে থাকিবে।

চিত্র 313

523. তড়িৎ-বাহী তারের সহিত তড়িৎ-প্রবাহহীন তারের দুইটি মূল পার্থক্য আছে। (i) তড়িৎ-হীন তারের চারিপার্শ্বে কোন চৌম্বক-ক্ষেত্র থাকে না, কিন্তু তড়িৎ-বাহী তারের চারিপার্শ্বে একটি চৌম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি হয়। (ii) তড়িৎ-বাহী তারে তাপ উৎপন্ন হয়।

তড়িৎ-বাহী তারের চারিদিকে যে-চৌম্বক-ক্ষেত্রের উদ্ভব হয় উহার কোন বিন্দুতে চৌম্বক-ক্ষেত্রের প্রাবল্য তারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের সমানুপাতিক। তড়িৎ-প্রবাহের এই ক্রিয়া কাজে লাগাইয়া তড়িৎ-প্রবাহ মাপা যায়। তড়িৎ-প্রবাহের এই চৌম্বক ক্রিয়ার ভিত্তিতে তড়িৎ-প্রবাহ মাপিবার জন্য ট্যানজেন্ট গ্যালভানোমিটার যন্ত্র নির্মিত হইয়াছে।

ইহা ছাড়া, কোন তড়িৎ-বাহী তারকে চৌম্বক-ক্ষেত্রে রাখিলে ঐ পরিবাহীর উপর একটি বল ক্রিয়া করে। এই বল তড়িৎ-প্রবাহের সমানুপাতিক। এই বল কাজে লাগাইয়াও তড়িৎ-প্রবাহ মাপা যায়। দাঁরসোভাল গ্যালভানোমিটার যন্ত্রে তড়িৎ-বাহী তারের উপর চৌম্বক-ক্ষেত্রের এই ক্রিয়া কাজে লাগান হইয়াছে।

তড়িৎ-বাহী তারে যে-তাপ উৎপন্ন হয় উহার পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহের বর্গের সমানুপাতিক। এই তাপের ফলে তারের যে-দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি ঘটে তাহা কাজে লাগাইয়া তপ্ত-তার যন্ত্রাদি (hot wire instruments) নির্মিত হইয়াছে। এইরূপ যন্ত্রের সাহায্যেও তড়িৎ-প্রবাহ মাপা যায়।

524. আমরা জানি যে, দুইটি সমান্তরাল পরিবাহীর মধ্য দিয়া বিপরীতমুখী তড়িৎ-প্রবাহ গেলে উহারা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। সরু আয়তাকার লুপের মধ্য

দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠান হইলে উহার দুই দীর্ঘ বাহুর তড়িৎ-প্রবাহ বিপরীতমুখী বলিয়া উহারা পরস্পর হইতে দূরে সরিয়া যাইবে, ফলে আয়তাকার লুপের আকৃতির পরিবর্তন হইবে। প্রকৃতপক্ষে,

B_1
B_2

চিত্র 314

তারের বিভিন্ন অংশের পারস্পরিক বিকর্ষণের ফলে সাম্যাবস্থায় তারটি বৃত্তাকার আকৃতি ধারণ করে। তারটির প্রতিটি অংশ উহার বিপরীত পার্শ্বের অংশ হইতে সর্বাধিক সরিয়া যাইতে চাহে। বিভিন্ন অংশের এই পারস্পরিক বিকর্ষণে তারটিকে সাম্যে থাকিতে হইলে তারের আকৃতি বৃত্তাকার হওয়া প্রয়োজন।

525. চুম্বক ও তড়িদাহিত কণার মধ্যে আপেক্ষিক বেগ থাকিলে তবেই তড়িদাহিত কণার উপর বল ক্রিয়া করিবে।

(i) চুম্বক এবং তড়িদাহিত কণা উভয়েই স্থির অবস্থায় থাকিলে তড়িদাহিত কণার উপর কোন বল ক্রিয়া করে না কেননা এক্ষেত্রে চৌম্বক-ক্ষেত্রের সাপেক্ষে তড়িদাহিত কণাটির কোন বেগ নাই।

(ii) চুম্বক এবং তড়িদাহিত কণা যদি একই বেগে একই অভিমুখে চলিতে থাকে তাহা হইলেও চৌম্বক-ক্ষেত্রের সাপেক্ষে তড়িদাহিত কণার কোন আপেক্ষিক বেগ থাকে না। কাজেই, এক্ষেত্রেও তড়িদাহিত কণার উপর কোন বল ক্রিয়া করিবে না।

(iii) চুম্বকটি চলিতে থাকিলে এবং তড়িদাহিত কণাটি স্থির অবস্থায় থাকিলে তড়িদাহিত কণার উপর বল ক্রিয়া করিবে, কেননা এক্ষেত্রে চৌম্বক-ক্ষেত্রের সাপেক্ষে তড়িদাহিত কণার আপেক্ষিক বেগ থাকিবে।

(iv) চুম্বকটি স্থির থাকিলে এবং তড়িদাহিত কণা গতিশীল হইলে কণার উপর বল প্রযুক্ত হইবে ; কেননা এক্ষেত্রে তড়িদাহিত কণার সহিত চৌম্বক ক্ষেত্রের আপেক্ষিক বেগ থাকিবে।

526. B-কুণ্ডলীর পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ যে-পরিবর্তী চৌম্বক-ক্ষেত্রের সৃষ্টি করিবে তাহা তামার ফলকটির মধ্য দিয়া যাইবে বলিয়া তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের ফলে উহাতে ঘূর্ণী প্রবাহ (eddy currents) প্রবাহিত হইবে। ইহাতে যে-চৌম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি হয় তাহা B-কুণ্ডলীর তড়িৎ-প্রবাহের ফলে উদ্ভূত চৌম্বক-ক্ষেত্রকে দুর্বল করিয়া দেয়। ইহার ফলে A-কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের মান উপেক্ষণীয় হইবে।

527. যদি ইস্পাতের দণ্ডটিতে কোন চুম্বকত্ব না থাকে তাহা হইলে কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া ইহাকে অনুভূমিক অভিমুখে চালনা করিলে কুণ্ডলীর অবস্থানের কোনরূপ পরিবর্তন দেখা যাইবে না। কিন্তু দণ্ড-চুম্বকটিকে কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া চালনা করিবার সময় কুণ্ডলীটির বিক্ষেপ ঘটিবে। নিম্নে ইহার কারণ ব্যাখ্যা করা হইল। চুম্বকটিকে যখন কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া পাঠান হয় তখন কুণ্ডলী ও চুম্বকের আপেক্ষিক গতির ফলে

কুণ্ডলীতে একটি তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়। কুণ্ডলীটি বদ্ধ (closed) বলিয়া ইহার মধ্য দিয়া আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ চলে। লেন্‌জ-এর সূত্রানুসারে এই তড়িৎ-প্রবাহের ফলে উৎপন্ন চৌম্বক-ক্ষেত্র আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের কারণকে (অর্থাৎ, চুম্বক ও চুম্বকের আপেক্ষিক গতিকে) বাধা দেয়। অর্থাৎ, চুম্বকটি যখন কুণ্ডলীর দিকে আগাইয়া আসিতে থাকে তখন আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের ফলে উৎপন্ন চৌম্বক-ক্ষেত্র চুম্বকটির আগাইয়া আসার পথে বাধার সৃষ্টি করে অর্থাৎ, কুণ্ডলীটি চুম্বককে বিকর্ষণ করে। নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে, চুম্বকটিও কুণ্ডলীকে বিকর্ষণ করে, ফলে কুণ্ডলী বিক্ষিপ্ত হয়।

528. সলেনয়েডের তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ হইতে বুঝা যাইতেছে যে, ইহার যে-প্রান্ত কুণ্ডলীর দিকে আছে সেই প্রান্তে N-মেরুর সৃষ্টি হইবে। কাজেই সলেনয়েডটিকে কুণ্ডলীর দিকে চালনা করিলে (লেন্‌জের সূত্রানুসারে) উহার মধ্য দিয়া আবিষ্ট প্রবাহের অভিমুখ এইরূপ হইবে যাহাতে কুণ্ডলীর যে-পার্শ্ব সলেনয়েডের দিকে থাকে সেই পার্শ্বে N-মেরুর সৃষ্টি হয় এবং অপর পার্শ্বে (যে-পার্শ্বটি দর্শকের দিকে ফিরান) S-মেরুর সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ, দর্শকের নিকট লুপের তড়িৎ-প্রবাহ হইবে দক্ষিণাবর্তী (clockwise)।

529. বৃত্তাকার কুণ্ডলীর অক্ষ বরাবর অবস্থিত বলয়াকৃতিবিশিষ্ট চুম্বকটি আপন অক্ষ বেড়িয়া ঘুরিতে থাকিলে কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত বলরেখার সংখ্যার কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। ইহার ফলে কুণ্ডলীতে কোন তড়িচ্চালক বল বা তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হয় না।

530. কোন ঋজু পরিবাহী যদি চৌম্বক বলরেখার সহিত লম্বভাবে চলিতে থাকে তাহা হইলে উহাতে একটি তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়। চলমান পরিবাহী যে-হারে চৌম্বক বলরেখাকে ছেদ করিয়া অগ্রসর হয় আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল উহার সমানুপাতিক। কোন বিমান যখন চৌম্বক মধ্যতল বরাবর উড়িতে থাকে তখন উহার পাখনা একটি নির্দিষ্ট হারে ভূ-চৌম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখা ছেদ করিয়া অগ্রসর হয়। ফলে উহার পাখনার দুই প্রান্তে একটি তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়।

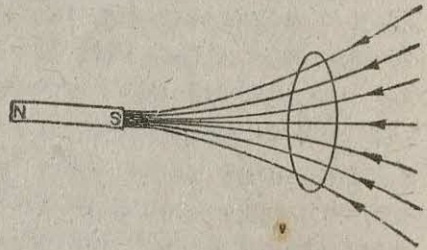
চৌম্বক মধ্যতল বরাবর না চলিয়া অন্য কোন অভিমুখ বরাবর চলিলেও পাখনার দুই প্রান্তের বিভব-বৈষম্যের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। ইহার কারণ এই যে, আবিষ্ট তড়িচ্চালক কেবলমাত্র ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের উল্লম্ব উপাংশের উপর এবং বিমানের অনুভূমিক গতিবেগের উপর নির্ভর করে।

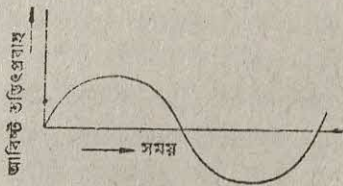
531. A হইতে B অভিমুখে তড়িৎ-প্রবাহ গেলে তড়িৎ-বাহী তারটিকে ঘিরিয়া যে-চৌম্বক বলরেখা উৎপন্ন হয় উহারা লুপের মধ্য দিয়া যায়। তড়িৎ-প্রবাহের মান বাড়িলে লুপের মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, কাজেই উহাতে তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হয়।

ম্যাক্সওয়েলের কর্ক-স্ক্রু সূত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে, A হইতে B-এর দিকে তড়িৎ-প্রবাহের ফলে লুপের মধ্য দিয়া যে-বলরেখাগুলি অতিক্রম করে উহারা কাগজের

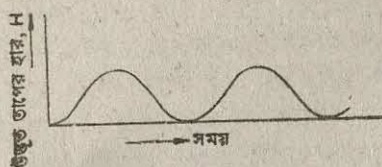
তলকে লম্বভাবে ছেদ করে। ইহাদের অভিমুখ সম্মুখ হইতে পশ্চাতের দিকে। AB পরিবাহীর তড়িৎ-প্রবাহ বাড়িলে এই বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, (লেন্‌জের সূত্রানুসারে) আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ এই বলরেখার সংখ্যা-বৃদ্ধিকে বাধা দিবে। সুতরাং, লুপে আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের ফলে উৎপন্ন বলরেখার অভিমুখ হইবে পশ্চাৎ হইতে সম্মুখের দিকে। ভাষান্তরে বলা যায় যে, আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের ফলে লুপের সম্মুখের দিকে দক্ষিণ-মেরুর সৃষ্টি হইবে। অর্থাৎ, লুপের মধ্যে দক্ষিণাবর্তী (clockwise) তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হইবে।

532. যখন চুম্বকটির দক্ষিণ-মেরু পরিবাহী লুপের দিকে আগাইয়া আসে তখন লেন্‌জ-এর সূত্রানুসারে আবিষ্ট প্রবাহের অভিমুখ এইরূপ হইবে যাহাতে লুপের বাম পার্শ্বে (চিত্র 315) দক্ষিণ-মেরুর উদ্ভব হয়। অর্থাৎ, চুম্বকের গতিপথের অভিমুখে চুম্বকের দিকে তাকাইলে পরিবাহী লুপের মধ্য দিয়া দক্ষিণাবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ যাইতে দেখা যাইবে।

লুপের মধ্যে প্রবেশ করিয়া যখন দক্ষিণ-মেরুটি লুপটিকে অতিক্রম করিয়া দূরে সরিয়া যাইতে থাকে তখন লুপের মধ্যবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ বামাবর্তী হইবে।

চিত্র 315

আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের মান চৌম্বক বলরেখার পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিক। প্রথম অবস্থায় বলরেখার পরিবর্তনের হার কম থাকে, কাজেই এই সময় আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের মানও কম হয়। বলরেখার পরিবর্তনের হার ধীরে ধীরে বাড়িতে থাকে, সেই সঙ্গে আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের মানও বাড়িতে থাকে এবং একসময় ইহার মান সর্বোচ্চ হয়। ইহার পর আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের মান কমিতে কমিতে এক সময় শূন্য এবং অতঃপর বিপরীতমুখী হয়। বিপরীতমুখী প্রবাহমাত্রার মান ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পাইয়া এক সময় সর্বোচ্চ হয় এবং ইহার পর পুনরায় কমিয়া যাইতে থাকে। আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের মান এবং অভিমুখ সময়ের সহিত কীরূপে পরিবর্তিত হইবে

চিত্র 316

তাহা 316 নং চিত্রে দেখান হইয়াছে। ইহা সাইন-বক্রানুসারে পরিবর্তিত হয়।

[প্রথম অর্ধপর্যায়ে তড়িৎ-প্রবাহের মান ধনাত্মক চিহ্নবিশিষ্ট দেখান হইয়াছে, কেননা, এই সময় চুম্বকের গতির অভিমুখে তাকাইলে আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ দক্ষিণাবর্তী হয়। প্রশ্নের শর্তানুসারে, এই প্রবাহ ধনাত্মক ধরিতে হইবে।]

তড়িৎ-প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে উৎপন্ন তাপ বা জুল-তাপন (Joule's heating) তড়িৎ-প্রবাহের বর্গের সমানুপাতিক। সুতরাং সময়ের সহিত পরিবাহী কুণ্ডলীতে উদ্ভূত তাপের হার (H) কীরূপ হইবে তাহা 317 নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

চিত্র 317

533. সুইচ্ S বন্ধ করিয়া বর্তনী সংহত করিলে প্রযুক্ত বিভব-বৈষম্য (220 volt) বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহ প্রতিষ্ঠা করিতে চাহিবে। এই সময় সলেনয়েড S-এর স্বাবেশ (self inductance)-এর ফলে কুণ্ডলীতে দ্রুত তড়িৎ-প্রবাহ প্রতিষ্ঠায় বাধা সৃষ্টি করে। অর্থাৎ, এই সময় (বর্তনী সংহত করিবার অব্যবহিত কাল পরে) সলেনয়েডের স্বাবেশ একটি উচ্চ মানের রোধের ন্যায় ক্রিয়া করে। কাজেই, এই সময় মূলপ্রবাহের প্রায় সবটুকুই বৈদ্যুতিক বাতির মধ্য দিয়া যায়। ফলে বাতিটি উজ্জলভাবে জ্বলিয়া উঠিবে। কিন্তু এই ঔজ্জ্বল্য স্থায়ী হইবে না। কিছুক্ষণের মধ্যে সলেনয়েডের মধ্য দিয়া স্থায়ী তড়িৎ-প্রবাহ প্রতিষ্ঠিত হইবে। এই সময় স্বাবেশের ফলে সলেনয়েডে কোন তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয় না। ফলে সলেনয়েডের কার্যকর রোধ কমিয়া যায়। এই সময় সলেনয়েড A এবং বৈদ্যুতিক বাতি B-এর সমান্তরাল সমবায়ের তুল্যরোধ পূর্বাপেক্ষা কম হয়। ইহার ফলে, RΩ রোধে বিভব-পতনের মানও বৃদ্ধি পায়। মূল প্রবাহ I amp হইলে এই সময় বৈদ্যুতিক বাতির দুই প্রান্তে ক্রিয়াশীল বিভব-বৈষম্যের মান হইবে [220 – RI] volt। বর্তনী সংহত হইবার পর সময়ের সহিত বৈদ্যুতিক বাতির দুই প্রান্তে ক্রিয়াশীল বিভব-বৈষম্যের মান হ্রাস পায় বলিয়া বাতিটির ঔজ্জ্বল্যও হ্রাস পায়।

সুইচ্ S খুলিয়া বর্তনী ছিন্ন করিলে সলেনয়েডের তড়িৎ-প্রবাহ লুপ্ত হইতে চাহিবে, ফলে সলেনয়েডের মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা দ্রুত হ্রাস পাইতে থাকিবে। কাজেই, সুইচের সাহায্যে বর্তনী ছিন্ন করিবার অব্যবহিত কাল পরে একটি উচ্চমানের বিভব-বৈষম্য বৈদ্যুতিক বাতির দুই প্রান্তে ক্রিয়া করে বলিয়া বৈদ্যুতিক বাতিটি ক্ষণিকের জন্য উজ্জ্বল হইয়া উঠিবে। কিছুক্ষণের মধ্যেই বর্তনীর প্রবাহ লুপ্ত হইয়া যাইবে বলিয়া বাতিটিও নিবিয়া যাইবে।

534. সলেনয়েড এবং বৈদ্যুতিক বাতির শ্রেণী-সমবায়ে একটি পরিবর্তী বিভব-বৈষম্য প্রয়োগ করিলে স্বাবেশ (self induction)-এর ফলে সলেনয়েড S-এ একটি তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়। তড়িচ্চালক বল প্রযুক্ত বিভব-বৈষম্যের বিপরীত মুখে ক্রিয়া করে। ইহাতে বর্তনীতে কার্যকর বিভব-বৈষম্য কমিয়া যায়। প্রকৃতপক্ষে এই কার্যকর তড়িচ্চালক বলই বৈদ্যুতিক বাতির মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ প্রতিষ্ঠা করে। সলেনয়েডে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের মান যত বাড়ে, বর্তনীতে কার্যকর বিভব-বৈষম্য তত কমে, সেই সঙ্গে বৈদ্যুতিক বাতির মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের মানও কমিয়া যাইবে। সলেনয়েডের মধ্যে লৌহমজ্জা স্থাপন করিলে উহার স্বাবেশ-গুণাঙ্ক

(self inductance) L-এর মান বৃদ্ধি পায়। ইহার ফলে প্রযুক্ত বিভব-বৈষম্যের বিপরীতমুখী আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের মান বৃদ্ধি পায়। এই সময় বৈদ্যুতিক বাতির মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের মান হ্রাস পায়, ফলে বাতিটি অনুজ্জ্বলভাবে জ্বলে। সলেনয়েড হইতে লৌহমজ্জাটি বাহির করিয়া লইলে ইহার স্বাবেশ গুণাঙ্কের মান হ্রাস পায় ; ইহার ফলে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের মানও কমিয়া যায়। এই সময় বর্তনীতে কার্যকর বিভব-বৈষম্যের মান বাড়ে বলিয়া বর্তনীর তড়িৎ-প্রবাহের মানও বৃদ্ধি পায়। ফলে বাতিটি উজ্জ্বলভাবে জ্বলে।

535. কোন চৌম্বক-ক্ষেত্রের সহিত লম্বভাবে গতিশীল কোন আবদ্ধ পরিবাহীতে যে-তড়িৎ-প্রবাহ সৃষ্টি হয় ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত সূত্র হইতে ঐ প্রবাহের অভিমুখ স্থির করা যায়।

দক্ষিণ হস্তের তর্জনী, মধ্যমা এবং বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ পরস্পরের সহিত সমকোণে প্রসারিত করিয়া দক্ষিণ হস্তকে এমনভাবে ধরা হইল যেন তর্জনী চৌম্বক বলরেখার অভিমুখ (অর্থাৎ, N-মেরু হইতে S-মেরুর অভিমুখ) এবং মধ্যমা তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ (অর্থাৎ, A হইতে B-এর অভিমুখ) তাহা হইলে বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠের অভিমুখ পরিবাহীর গতির অভিমুখ নির্দেশ করিবে। দক্ষিণ হস্ত সূত্র হইতে স্পষ্টতই দেখা যাইতেছে যে, AB পরিবাহীতে A হইতে B অভিমুখে তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইতে হইলে AB পরিবাহীকে উহার আপন দৈর্ঘ্যের সমান্তরালভাবে চৌম্বক-ক্ষেত্রের সহিত আড়াআড়ি-ভাবে নিচের দিকে গতিশীল করিতে হইবে।

536. যখন একটি দণ্ড-চুম্বক একটি ধাতব আংটার মধ্য দিয়া নিচে পড়িতে থাকে তখন ঐ আংটায় একটি তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয় এবং ইহার ফলে আংটার মধ্য দিয়া আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ চলে। লেন্জ-এর সূত্র হইতে আমরা জানি যে, আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ উহার কারণকে বাধা দেয়। এক্ষেত্রে আংটার মধ্য দিয়া চুম্বকের নিম্নাভিমুখী পতনই আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের কারণ। কাজেই, তড়িৎ-প্রবাহের ফলে উদ্ভূত চৌম্বক-ক্ষেত্র কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া চুম্বকের পতনকে বাধা দেয়। ইহার ফলে অভিকর্ষের প্রভাবে অবাধে পতনশীল বস্তুর ত্বরণ অপেক্ষা চুম্বকটির নিম্নাভিমুখী ত্বরণ কম হয়।

537. অভিকর্ষের টানে একটি দণ্ড-চুম্বক একটি তামার রিং-এর অক্ষ বরাবর নিচের দিকে নামিয়া আসিতে থাকিলে তামার রিং-এ তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হয়। লেন্জ-এর সূত্রানুসারে, এই আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের ফলে উৎপন্ন চৌম্বক-ক্ষেত্র দণ্ড-চুম্বকের পতনকে বাধা দিবে। ইহার ফলে দণ্ড-চুম্বকটির ত্বরণ অভিকর্ষজ ত্বরণ অপেক্ষা কম হইবে।

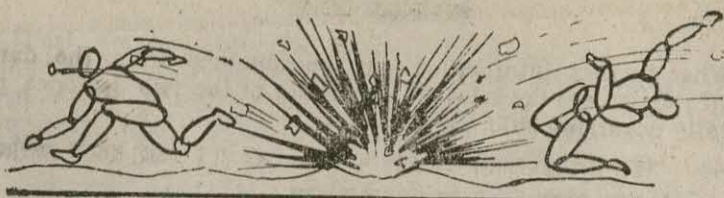
538. কুণ্ডলী C-এর মধ্য দিয়া একটি পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে লম্বা লৌহমজ্জাটির মধ্যে একটি-পরিবর্তী চৌম্বক-ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। এই পরিবর্তী ক্ষেত্র R আংটায় একটি আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ সৃষ্টি করে। লক্ষণীয় যে, আলোচ্য পরীক্ষা ব্যবস্থাটি একটি ট্রান্সফর্মারের ন্যায় ক্রিয়া করে। কোন ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর (primary coil) মধ্য দিয়া একটি পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে উহার গৌণ

কুণ্ডলীতে (secondary coil) যেমন একটি তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হয়, এক্ষেত্রে তেমনি C কুণ্ডলীর পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের ফলে R-আংটায় একটি তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হইবে। লেন্‌জ-এর সূত্রানুসারে, R-আংটায় আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ C-কুণ্ডলীর তড়িৎ-প্রবাহের বিপরীতমুখী। আমরা জানি, বিপরীতমুখী দুইটি তড়িৎ-প্রবাহের মধ্যে বিকর্ষণ-বল ক্রিয়া করে। কাজেই, C-কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইবার ফলে R-আংটায় তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হইলে আংটাটির উপর একটি বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করিবে। এই বিকর্ষণ বলের প্রভাবে R-আংটাটি ঊর্ধ্বে উৎক্ষিপ্ত হইবে।

539. (i) আমরা জানি যে, B-কুণ্ডলীর তড়িৎ-প্রবাহ বৃদ্ধি পাইলে A-কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। কাজেই, এই সময় A-কুণ্ডলীতে B-কুণ্ডলীর প্রবাহের বিপরীতমুখী তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হইবে। A-কুণ্ডলী হইতে দেখিলে B-কুণ্ডলীর তড়িৎ-প্রবাহকে দক্ষিণাবর্তী মনে হয়। কাজেই, A-কুণ্ডলী হইতে দেখিলে A-কুণ্ডলীর আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহকে দক্ষিণাবর্তী মনে হইবে।

(ii) তড়িৎবাহী B-কুণ্ডলীকে A-কুণ্ডলীর দিকে আনা হইলেও A-কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, কাজেই, এক্ষেত্রেও A-কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ B-কুণ্ডলীর তড়িৎ-প্রবাহের বিপরীতমুখী। অর্থাৎ, এক্ষেত্রেও B-কুণ্ডলী হইতে দেখিলে A-কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ দক্ষিণাবর্তী হইবে।

540. চুম্বক দুইটিকে পরস্পর হইতে সরাইয়া লইলে উভয় চুম্বকের মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পায়। ইহাতে কুণ্ডলী A-এর মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পায় ফলে A-কুণ্ডলীতে একটি তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়।

চুম্বক দুইটিকে যখন পুনরায় পরস্পরের সংস্পর্শে আনা হয় তখন উহাদের মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। ইহাতে কুণ্ডলীতে যে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয় উহা পূর্ববর্তী বিক্ষেপের তড়িচ্চালক বলের বিপরীতমুখী বলিয়া গ্যালভানোমিটার G-এর বিক্ষেপও ইহার পূর্ববর্তী বিক্ষেপের বিপরীতমুখী হইবে।

আধুনিক পদার্থবিজ্ঞান

প্রশ্নাবলী

541. হাইড্রোজেন পরমাণুতে মাত্র একটি ইলেকট্রন আছে, তথাপি হাইড্রোজেন বর্ণালীতে বহুসংখ্যক রেখা থাকে কেন ব্যাখ্যা কর।

[Explain why the spectrum of hydrogen has many lines although a hydrogen atom has only one electron.] [জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1985]

542. প্রথমে সরলরেখা বরাবর চলমান এক গুচ্ছ ইলেকট্রন সমপ্রাবল্যবিশিষ্ট চৌম্বক-ক্ষেত্র B-এর প্রভাবে একটি বৃত্তের চাপ বরাবর বাঁকিয়া যায়। এই ক্ষেত্রটি প্রয়োগ করাতে ইলেকট্রনের শক্তি বৃদ্ধি পাইবে কি ?

[A beam of electron, initially straight, is deflected in a circular arc by a uniform magnetic field B which is everywhere perpendicular to the beam. Will the electrons gain energy when the field is applied ?]

543. হাইড্রোজেন পরমাণুর কার্যকর ব্যাসার্ধ অপেক্ষা হিলিয়াম পরমাণুর কার্যকর ব্যাসার্ধ কম কেন ?

[Why is the effective radius of a helium atom less than that of a hydrogen atom ?]

544. হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনকে একক ধরিয়া দেখা যায় যে, নিউট্রন এবং প্রোটন—উভয়েই একক ওজনসম্পন্ন। ইলেকট্রনের ওজন উপেক্ষণীয়। তথাপি পরিমাপ করিয়া দেখা যায় যে, ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন একটি ভগ্ন-সংখ্যা। ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর। কার্বনের ক্ষেত্রেও কি অনুরূপ ব্যাপার লক্ষ্য করা যায় ?

[Assuming a hydrogen atom to have unit weight both neutron and proton are found to have unit weight. The weight of electron is negligible. Yet on measurement the atomic weight of chlorine is found to be a fractional number. Explain the above fact. Is the position similar in case of carbon as well ?]

545. "ক্লোরিনের প্রোটন-সংখ্যা 17 এবং প্রকৃতিতে ইহাকে যে-অবস্থায় পাওয়া যায় সেই অবস্থায় ইহার আপেক্ষিক আণবিক ভর 35·5। ক্লোরিনের দুইটি আইসোটোপ আছে, ইহাদের নিউক্লিয়ন সংখ্যা 35 এবং 37।"

প্রদত্ত উপাত্তগুলি হইতে অতিরিক্ত কী জানা যায় ? প্রকৃতি-লব্ধ ক্লোরিনে ইহার দুই আইসোটোপের আপেক্ষিক প্রাচুর্য নির্ণয় কর।

["Chlorine has a proton number 17 and as occuring in nature, a relative atomic mass 35·5. There are two naturally occurring isotopes of chlorine with nucleon numbers 35 and 17."]

[What further information can be obtained from the data given ? Calculate the relative abundance of the two isotopes in naturally occurring chlorine.]

546. পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকিতে পারে না। তাহা হইলে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে β-কণা নিঃসৃত হয় কীরূপে ?

[Electrons cannot stay within the nucleus. Then how β-particles are emitted from the nucleus of a radioactive atom ?]

547. উত্তেজিত পরমাণু হইতে তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গ বিকিরণ এবং তেজস্ক্রিয় বিঘটনের সময় γ-রশ্মি নিঃসরণের মধ্যে কী কী সাদৃশ্য এবং বৈসাদৃশ্য আছে ?

[What are the similarities and dissimilarities between the emission of radiation from an excited atom and the emission of γ-rays during radioactive disintegration ?]

548. যখন কোন পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে (i) একটি γ-ফোটন নিঃসৃত হয়, (ii) একটি β-কণা নিঃসৃত হয় এবং (iii) একটি পজিট্রন নিঃসৃত হয় তখন ঐ নিউক্লিয়াসের 'নিউট্রন/প্রোটন' অনুপাতের কী হয় ? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[What happens to the neutron/proton ratio of a nucleus when the nucleus (i) emits a γ-photon, (ii) emits a beta-particle and (iii) emits a positron ? Give reasons for your answer.]

549. রাসায়নিক পরিবর্তন এবং তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনের পার্থক্য কী ?

[What is the difference between chemical change and radio-active change ?]

550. প্রকৃতিলব্ধ তেজস্ক্রিয় বিঘটন শ্রেণীতে এইরূপ অনেক দৃষ্টান্ত আছে যেখানে একটি কেন্দ্রক প্রথমে একটি α-কণা নিঃসৃত করে এবং ইহার পর দুইটি β-কণা নিঃসৃত করে। দেখাও যে, অন্তিম কেন্দ্রকটি প্রাথমিক কেন্দ্রকের একটি আইসোটোপ। প্রাথমিক কেন্দ্রক ও অন্তিম কেন্দ্রকের মধ্যে ভরসংখ্যার পার্থক্য কি ?

[In naturally occurring radioactive decay series there are several examples in which a nucleus emits an α-particle followed by two β-particles. Show that the final nucleus is an isotope of the original one. What is the change in mass number between the original and the final nuclei ?]

(London University School Examination)

551. একটি β-বিঘটন এবং একটি α-বিঘটনের পর $_8Li^8$ তেজস্ক্রিয় আই-সোটোপটি হইতে কী আইসোটোপ উৎপন্ন হইবে ?

[What is isotope will be produced from the radioactive isotope $_8Li^8$ after one β-decay and one α-decay ?]

552. নিউক্লিয়ার রিয়্যাক্টরে উৎপন্ন দ্রুতগামী নিউট্রনের গতিবেগ মন্দীভূত করিবার জন্য উহাদের সহিত 'মডারেটর'-এর কণাগুলির সংঘাত ঘটান হয়। সীসার নিউক্লিয়াস, হাইড্রোজেন নিউক্লিয়াস এবং ইলেকট্রন—ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি নিউট্রনের গতিবেগ মন্দীভূত করিবার ক্ষেত্রে সবচেয়ে বেশি কার্যকর হইবে ? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[Fast moving electrons produced in a nuclear reactor are slowed down by allowing them to collide with the particles in a 'moderator'. Which particles would slow down the nutrons most effectively—lead nuclei, hydrogen nuclei or electrons? Give reasons.]

553. অতি দ্রুতগামী একটি ইলেকট্রন-ধারা একটি ভারী ধাতব পদার্থের তৈয়ারী লক্ষ্যবস্তুতে আঘাত করিলে কী ঘটে ব্যাখ্যা কর।

[Explain what happens when a stream of fast moving electrons strikes a heavy metal target.]

554. একটি উচ্চ মানের দর্পণ আপতিত আলোর 80% প্রতিফলিত করিয়া দেয়। ইহার অর্থ কি এই যে, আপতিত ফোটনের 20% প্রতিফলিত হইতে পারে না—নাকি এই যে, সবগুলি ফোটনই প্রতিফলিত হয়, কিন্তু ইহাদের শক্তি 20% হ্রাস পায়?

[A good quality mirror reflects 80% of the light incident on it. Does it mean that 20% of the incident photons could not get reflected or that all the incident photons are reflected but their energy gets reduced by 20%?]

555. ট্রায়োডের সাহায্যে পরিবর্তী বিভবকে বর্ধিত করা যায়। বিবর্ধকে বর্ধিত শক্তি কোথা হইতে আসে?

An alternating voltage can be amplified by a triode. Where does the added energy in an amplifier come from?]

[সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1978, জয়েণ্ট এণ্ট্রান্স, 1985]

556. কেন্দ্রক বিভাজন প্রক্রিয়ায় যে-শক্তির উদ্ভব হয় তাহার উৎস কী?

[What is the source of energy released in nuclear fission?]

557. একটি $_{92}U^{238}$ নিউক্লিয়াস পর্যায়ক্রমে আটটি α-কণা এবং ছয়টি ইলেকট্রন নিঃসৃত করিয়া সীসার আইসোটোপে রূপান্তরিত হয়। সীসার আইসোটোপটির পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক ও ভর-সংখ্যা কত হইবে বিবৃত কর।

[The nucleus of $_{92}U^{238}$ decays into lead isotope through successive emission of eight α-particles and six electrons. State the atomic number and mass number of the lead isotope.]

[সংসদের নমুনা প্রশ্ন, 1978]

558. এমন একটি বিঘটন-পরিকল্পনার উল্লেখ কর যাহার সাহায্যে $_{84}Po^{214}$ পরমাণুর কেন্দ্রক তিনটি কণা নিঃসৃত করিয়া নিজের আইসোটোপে পরিণত হইতে পারে।

[Suggest a scheme of disintegration by which $_{84}Po^{214}$ nucleus can emit three particles and thereby become its own isotope.]

559. $_7N^{14}$ নাইট্রোজেন-আইসোটোপকে নিউট্রনের সাহায্যে আঘাত করিলে $_6C^{14}$ আইসোটোপ গঠিত হয়। এই কার্বন আইসোটোপটি বিটা-বিঘটক। উভয় নিউক্লীয় বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখ।

[Bombardment of nitrogen isotope $_7N^{14}$ by neutrons produces the carbon isotope $_6C^{14}$. This carbon isotope is β-radioactive. Write the equations of both the nuclear reactions.]

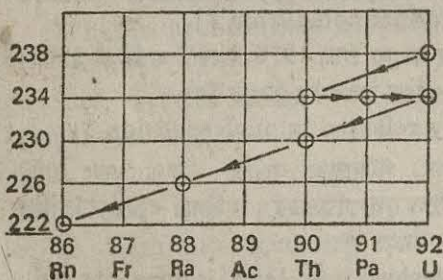
560. নিউট্রনের সাহায্যে একটি ইউরেনিয়াম কেন্দ্রক $_{92}U^{235}$-এর বিভাজনে একটি বেরিয়াম পরমাণু $_{56}Ba^{141}$, অপর একটি অজানা পরমাণু, তিনটি নিউট্রন এবং বিপুল পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন হয়। অজানা পরমাণুটিকে সনাক্ত কর।

[The fission of a uranium nucleus $_{92}U^{235}$ by one neutron produce a barium $_{56}Ba^{141}$ atom, another unknown atom, three neutrons and a large amount of energy. Identify the unknown atom produced in the above nuclear reaction]

561. একটি ইউরেনিয়াম পরমাণু U-238 ক্রমে একটি সীসার পরমাণু Pb-206-এ পরিণত হইতে কতগুলি α-কণা এবং কতগুলি β-কণা নিঃসৃত করে? ইউরেনিয়াম ও সীসার পারমাণবিক সংখ্যা যথাক্রমে 92 এবং 82।

[How many α-particles and how many β-particles are emitted altogether by an atom of U-238 as it decays progressively to Pb-206 ? The atomic numbers of uranium and lead are 92 and 82 respectively.]

562. 317 নং চিত্রে একটি তেজস্ক্রিয় বিঘটন শ্রেণীর একাংশ দেখান হইয়াছে।

(a) কোন্ আইসোটোপ দিয়া এই শ্রেণীটি শুরু হয়?

চিত্র 317

(b) এই শ্রেণী হইতে দুই জোড়া আইসোটোপের উদাহরণ দাও।

(c) β-বিঘটনের দুইটি দৃষ্টান্তের নিউক্লীয় সমীকরণ লিখ।

(d) α-বিঘটনের দুইটি দৃষ্টান্তের নিউক্লীয় সমীকরণ লিখ।

[Fig. 317 shows a part of a radioactive decay series.

(a) What is the isotope with which the series begins ?

(b) From this series, give two examples of pairs of isotopes.

(c) Write down the nuclear equations for two examples of β-decay.

(d) Write down the nuclear equations for two examples of α-decay.]

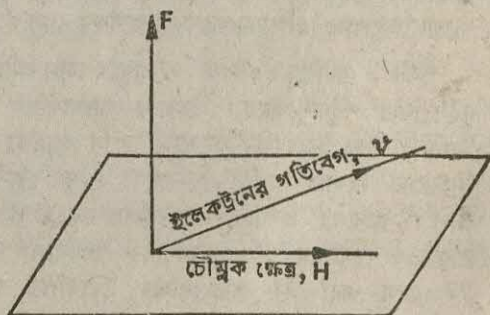
সমাধান

541. হাইড্রোজেন পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন থাকে। তবে ঐ ইলেকট্রনটি বহুসংখ্যক সম্ভাব্য কক্ষপথের যে-কোন একটিতে থাকিতে পারে। ইলেকট্রনটি যে-কক্ষপথগুলিতে থাকিতে পারে উহাদিগকে স্থায়ী কক্ষপথ বলা হয়। স্বাভাবিক

অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনটি থাকে প্রথম কক্ষপথে (অর্থাৎ, নিউক্লিয়াসের নিকটতম কক্ষপথে)। যখন কোন হাইড্রোজেন পরমাণু বাহির হইতে শক্তি শোষণ করিয়া উত্তেজিত অবস্থায় আসে তখন উহার ইলেকট্রনটি উচ্চতর কক্ষপথে উন্নীত হয়। বোরের তত্ত্ব হইতে আমরা জানি যে, কোন উত্তেজিত পরমাণুর ইলেকট্রন যখন কোন উচ্চতর কক্ষপথ হইতে নিম্নতর কক্ষপথে লাফাইয়া পড়ে, তখন একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের বিকিরণ নিঃসৃত হয়। উত্তেজিত অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনটি বিভিন্ন কক্ষপথে থাকিতে পারে এবং ইলেকট্রনটি উচ্চতর কক্ষপথ হইতে একাধিক নিম্নতর কক্ষপথের যে-কোন একটিতে লাফাইয়া পড়িতে পারে। মনে করি, ইলেকট্রনটি চতুর্থ কক্ষপথে আছে। এক্ষেত্রে উহা তৃতীয়, দ্বিতীয় এবং প্রথম কক্ষপথের যে-কোন একটিতে লাফাইয়া পড়িতে পারে। স্পষ্টতই এই তিনটি ক্ষেত্রে তিনটি বিভিন্ন কম্পাঙ্কের আলো নিঃসৃত হইবে। অনুরূপভাবে, উত্তেজিত পরমাণুর ইলেকট্রনটি যদি তৃতীয় কক্ষপথে থাকে, তবে উহা দ্বিতীয় এবং প্রথম কক্ষপথে লাফ দিয়া পড়িতে পারে। এক্ষেত্রে দুইটি বিভিন্ন কম্পাঙ্কের আলো নিঃসৃত হইবে। কাজেই দেখা যাইতেছে যে, ইলেকট্রন একটি হইলেও বহুসংখ্যক সম্ভাব্য কক্ষপথে আছে বলিয়া হাইড্রোজেন-বর্ণালীতে বহুসংখ্যক বর্ণালী-রেখা সৃষ্টি হইতে পারে।

কোন মোক্ষণ-নলে হাইড্রোজেন গ্যাস লইয়া উহার মধ্য দিয়া তড়িৎ-মোক্ষণ করিলে বিভিন্ন হাইড্রোজেন-পরমাণু হইতে একই সঙ্গে আলো নিঃসৃত হয়। সকল পরমাণু হইতেই-যে একই কম্পাঙ্কের আলো নিঃসৃত হইবে এমন কোন কথা নাই। বিভিন্ন পরমাণু হইতে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের আলো নিঃসৃত হইবার সম্ভাব্যতা আছে বলিয়া তড়িৎ-মোক্ষণের সময় হাইড্রোজেন গ্যাস হইতে আলোর বর্ণালীতে বহুসংখ্যক বর্ণালী-রেখা দেখা যায়।

542. যদি কোন ইলেকট্রনের গতিবেগ v-এর অভিমুখ এবং চৌম্বক-ক্ষেত্র **H**-এর অভিমুখ পরস্পরের সহিত θ কোণে আনত থাকে তাহা হইলে ইলেকট্রনের উপর ক্রিয়াশীল বলের মান, $|\mathbf{F}| = \mathbf{H}ev.\sin\theta$। বেগ v এবং চৌম্বক-ক্ষেত্র **H** যে-তলে অবস্থিত ইলেকট্রনের উপর ক্রিয়াশীল বল ঐ তলের লম্বভাবে অবস্থিত।

ইলেকট্রনের উপর ক্রিয়াশীল চৌম্বক বল সর্বদা ইহার গতিবেগের অভিমুখের সহিত লম্বভাবে ক্রিয়া করে বলিয়া চৌম্বক বলের ক্রিয়ায় কেবল ইলেকট্রনের গতির অভিমুখ বদলায়। কিন্তু ইহার বেগের মান বদলায় না। প্রকৃতপক্ষে, চৌম্বক বলের প্রভাবে ইলেকট্রন একটি বৃত্তপথে চলিতে থাকে এবং চৌম্বক বল ইহার জন্য প্রয়োজনীয় অভিকেন্দ্র বল

চিত্র 318

জোগায়। এই বল সর্বদা ইলেকট্রনের গতিবেগের অভিমুখের সহিত লম্বভাবে ক্রিয়াশীল বলিয়া এই বল ইলেকট্রনের উপর কোন কার্য করে না। ফলে, চৌম্বক বলের ক্রিয়ায় ইলেকট্রনের গতিমুখ বদলাইলেও ইহার শক্তি বৃদ্ধি পায় না।

543. হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াস অপেক্ষা হিলিয়াম পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ভর বেশি। কিন্তু তথাপি হিলিয়াম পরমাণুর কার্যকর ব্যাসার্ধ হাইড্রোজেন পরমাণুর কার্যকর ব্যাসার্ধ অপেক্ষা কম। ইহার কারণ নিম্নে ব্যাখ্যা করা হইল।

স্বাভাবিক অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন এবং হিলিয়াম পরমাণুর ইলেকট্রনদ্বয় প্রথম কক্ষপথে (অর্থাৎ, নিউক্লিয়াসের নিকটতম কক্ষপথে) থাকে। কাজেই, হাইড্রোজেন বা হিলিয়াম পরমাণুর কার্যকর ব্যাসার্ধ উহাদের প্রথম স্থায়ী কক্ষের ব্যাসার্ধের সমান। কোন মৌলের পরমাণুর স্থায়ী কক্ষগুলির ব্যাসার্ধ উহার নিউক্লিয়াসের প্রোটন সংখ্যার উপর বা উক্ত মৌলের পারমাণবিক সংখ্যার উপর নির্ভরশীল। নিউক্লিয়াস হইতে একটি নির্দিষ্ট দূরত্বে অবস্থিত ইলেকট্রনের উপর ক্রিয়াশীল কুলম্বীয় আকর্ষণ বল নিউক্লিয়াসের প্রোটন সংখ্যা Z-এর উপর নির্ভর করে। Z-এর মান যত বেশি হয় কুলম্বীয় আকর্ষণও তত বেশি হয়। কুলম্বীয় আকর্ষণ যত বেশি হইবে কোন নির্দিষ্ট প্রধান কোয়াণ্টাম সংখ্যাবিশিষ্ট কক্ষপথের ব্যাসার্ধ তত কম হইবে। বোরের তত্ত্বানুসারে, কোন নির্দিষ্ট প্রধান কোয়াণ্টাম সংখ্যা-বিশিষ্ট ইলেকট্রন কক্ষের ব্যাসার্ধ Z-এর ব্যস্তানুপাতিক। প্রকৃতপক্ষে, n-তম কক্ষের ব্যাসার্ধ নিম্নের সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়:

$$r_n = \frac{n^2h^2}{4\pi mZe^2}$$

সুতরাং, কোন মৌলের পরমাণুর প্রথম ইলেকট্রন-কক্ষের ব্যাসার্ধ

$$r_n = \frac{h^2}{4\pi mZe^2}$$

স্পষ্টতই, হিলিয়াম পরমাণুর প্রথম ইলেকট্রন কক্ষের ব্যাসার্ধ হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম ইলেকট্রন কক্ষের ব্যাসার্ধের অর্ধেক। অর্থাৎ, হাইড্রোজেন পরমাণুর কার্যকর ব্যাসার্ধ অপেক্ষা হিলিয়াম পরমাণুর কার্যকর ব্যাসার্ধ কম।

544 ক্লোরিনের সকল পরমাণুর ওজন অভিন্ন নয়। প্রাকৃতিক ক্লোরিন গ্যাসে দুই শ্রেণীর পরমাণু আছে। ইহাদের পারমাণবিক সংখ্যা (অর্থাৎ, নিউক্লিয়াসের প্রোটন সংখ্যা) এবং ইলেকট্রন-বিন্যাসের কোন পার্থক্য নাই। কিন্তু ইহাদের নিউক্লিয়াসে নিউট্রনের সংখ্যায় পার্থক্য রহিয়াছে। ইহারা ক্লোরিনের দুইটি ভিন্ন ভিন্ন আইসোটোপ। ইহাদের একটির পারমাণবিক ভর 35 এবং অপরটির পারমাণবিক ভর 37। প্রাকৃতিক ক্লোরিনে 35 পারমাণবিক ভরবিশিষ্ট আইসোটোপ থাকে প্রায় শতকরা 77 ভাগ এবং 37 পারমাণবিক ভরবিশিষ্ট আইসোটোপ থাকে প্রায় শতকরা 23 ভাগ। কাজেই, প্রকৃতিলব্ধ ক্লোরিন গ্যাসের উপর পরীক্ষা করিলে ক্লোরিনের পারমাণবিক ভর পাওয়া যায়—

$$35 \times 0{\cdot}77 + 37 \times 0{\cdot}23 = 35{\cdot}46$$

এইজন্য ক্লোরিনের আইসোটোপদ্বয়ের পারমাণবিক ভর পূর্ণসংখ্যা হইলেও প্রকৃতিলব্ধ ক্লোরিনের পরীক্ষালব্ধ পারমাণবিক ভর একটি ভগ্ন-সংখ্যা।

কার্বনের ক্ষেত্রেও অনুরূপ ব্যাপার লক্ষ্য করা যায়, কেননা, প্রকৃতিতে দুই ধরনের কার্বন পরমাণু আছে। কার্বনের একটি আইসোটোপের পারমাণবিক ভর 13। প্রকৃতিলব্ধ কার্বনে এই দুই জাতীয় আইসোটোপ যে-অনুপাতে আছে তাহাতে কার্বনের গড় পারমাণবিক ওজন হয় 12·01।

545. প্রদত্ত উপাত্তগুলি হইতে জানা যায় যে, ক্লোরিনের একটি আইসোটোপের নিউক্লিয়াসে $(37-17)$ বা 20টি নিউট্রন এবং অপর আইসোটোপের নিউক্লিয়াসে $(35-17)$ বা 18টি নিউট্রন আছে।

মনে করি, প্রকৃতিলব্ধ ক্লোরিনের অণুগুলির x ভগ্নাংশ 37 আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট আইসোটোপের অণু এবং $(1-x)$ ভগ্নাংশ 35 আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট আইসোটোপের অণু।

∴ প্রশ্নের শর্তানুসারে লেখা যায়, $37x+35\ (1-x)=35{\cdot}5$ বা, $x=0{\cdot}25$

কাজেই, $(1-x)=0{\cdot}75$

$$\therefore \quad \frac{x}{1-x}=\frac{0{\cdot}25}{0{\cdot}75}=\frac{1}{3}$$

কাজেই, $\dfrac{\text{37 আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট আইসোটোপের অণু-সংখ্যা}}{\text{35 আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট আইসোটোপের অণু-সংখ্যা}}=1:3$

546. পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকে না, ইহা প্রোটন ও নিউট্রন দ্বারা গঠিত। তথাপি, তেজস্ক্রিয় ভাঙ্গনের সময় তেজস্ক্রিয় পদার্থের পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে ইলেকট্রন (β-কণা) নিঃসৃত হয়।

β-বিঘটনের সময় তেজস্ক্রিয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসে একটি নিউট্রন স্থায়িভাবে একটি প্রোটনে রূপান্তরিত হয়। এই রূপান্তরের সময় যে-ইলেকট্রনটি উৎপন্ন হয় তাহাই β-কণারূপে নিউক্লিয়াস হইতে বাহির হইয়া আসে।

547. তেজস্ক্রিয় পরমাণুর কেন্দ্রকের α-বিঘটন বা β-বিঘটনের পর অবশিষ্ট কেন্দ্রক (nucleus) অনেক সময় উত্তেজিত অবস্থায় থাকিতে পারে। এই উত্তেজিত কেন্দ্রক সাধারণত 10^{-12} sec সময়ের মধ্যে নিম্নতর শক্তিস্তরে সংক্রমিত হয়। এই সময় উক্ত কেন্দ্রক হইতে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন ফোটন বা তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণ নিঃসৃত হয়। ইহাকে γ-রশ্মি বলা হয়। কেন্দ্রক হইতে γ-রশ্মি নিঃসরণের সহিত উত্তেজিত পরমাণু হইতে তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণ নিঃসরণের সাদৃশ্য আছে। শেষোক্ত ক্ষেত্রে বিকিরণ নিঃসৃত হয় উত্তেজিত পরমাণুর কক্ষীয় ইলেকট্রনের এক স্তর হইতে অন্য স্তরে সংক্রমণের ফলে। এই তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণ সাধারণত দৃশ্যমান, অতিবেগুনী বা অবলোহিত অঞ্চলে থাকে।

বিভিন্ন পরমাণুর কক্ষীয় ইলেকট্রনের শক্তি সাধারণত মাত্র কয়েক ইলেকট্রন-ভোল্ট (ev) মাত্রাসম্পন্ন হয়। সুতরাং, পরমাণুর ইলেকট্রনের একটি কক্ষ হইতে অন্য

কক্ষে সংক্রমণের ফলে যে-ফোটন-কণা নিঃসৃত হয় উহাদের শক্তি সাধারণত মাত্র কয়েক ইলেকট্রন-ভোল্ট বা ইলেকট্রন-ভোল্টের ভগ্নাংশ-মাত্র হয়। অপরপক্ষে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর কেন্দ্রক হইতে নিঃসৃত α-এবং β-কণার শক্তির পরিমাপ হইতে বুঝা যায় যে, কেন্দ্রকের শক্তিস্তরগুলির শক্তি মেগা-ইলেকট্রন-ভোল্ট (Mev) মাত্রাসম্পন্ন। এই শক্তিস্তরগুলির মধ্যে সংক্রমণের ফলে নিঃসৃত γ-ফোটনের শক্তির পরিমাণ ন্যূনতম কয়েক সহস্র ইলেকট্রন-ভোল্ট হইতে কয়েক মেগা-ইলেকট্রন-ভোল্ট পর্যন্ত হইতে পারে।

548. (i) যখন কোন তেজস্ক্রিয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে γ-রশ্মি নিঃসৃত হয় তখন উহার নিউক্লিয়াসগুলির প্রকৃতির কোনরূপ পরিবর্তন হয় না, অর্থাৎ γ-রশ্মি নিঃসরণের সময় নিউক্লিয়াসের প্রোটনের সংখ্যার কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে না। কাজেই, এই সময় প্রোটন ও নিউট্রনের অনুপাতের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না।

(ii) যখন তেজস্ক্রিয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে একটি β-কণা বা একটি ইলেকট্রন নিঃসৃত হয় তখন একটি নিউক্লিয়ন নিউট্রন-অবস্থা (neutron state) হইতে প্রোটন-অবস্থায় (proton state) যায়। অর্থাৎ, এই সময় একটি নিউট্রন-কণা একটি প্রোটন কণায় রূপান্তরিত হয়। কাজেই, β-বিঘটনের সময় নিউট্রন ও প্রোটনের অনুপাত কমিয়া যায়।

(iii) যখন তেজস্ক্রিয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে একটি পজিট্রন নিঃসৃত হয় তখন একটি নিউক্লিয়ন প্রোটন-অবস্থা হইতে নিউট্রন-অবস্থায় আসে। ভাষান্তরে বলা যায় যে, এই সময় একটি প্রোটন-কণা একটি নিউট্রনে পরিণত হয়। কাজেই, পজিট্রন নিঃসরণের ফলে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর নিউট্রন ও প্রোটনের অনুপাত বৃদ্ধি পায়।

549. রাসায়নিক পরিবর্তনে পরমাণুর কক্ষপথের ইলেকট্রনগুলিই অংশ নেয়, পরমাণুর কেন্দ্রকের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে পরমাণুর কেন্দ্রকের পরিবর্তন ঘটে। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোনরূপ নূতন মৌলের সৃষ্টি হয় না, কিন্তু তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে নূতন মৌল উৎপন্ন হয়।

550. মনে করি, প্রাথমিক কেন্দ্রকটির ভরসংখ্যা M এবং পারমাণবিক সংখ্যা Z। ইহাকে $_{Z}X^{M}$ প্রতীকের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। এই কেন্দ্রক হইতে একটি α-কণা নিঃসৃত হইলে ইহার ভরসংখ্যা 4 কমিবে এবং পারমাণবিক সংখ্যা 2 কমিবে। কাজেই, একটি α-কণা নিঃসৃত হইবার ফলে যে-কেন্দ্রকটি গঠিত হইবে উহার ভরসংখ্যা হইবে $(M-4)$ এবং পারমাণবিক সংখ্যা হইবে $(Z-2)$। এই কেন্দ্রকটিকে নিম্নরূপ প্রতীকের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়ঃ

$$_{Z-2}Y^{M-4}$$

কোন কেন্দ্রক হইতে একটি β-কণা নিঃসৃত হইলে ইহার ভর-সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে কিন্তু পারমাণবিক সংখ্যা 1 বৃদ্ধি পায়। কাজেই $_{Z-2}Y^{M-4}$ কেন্দ্রক হইতে দুইটি β-কণা নিঃসৃত হইলে ইহার ভরসংখ্যা $(M-4)$-ই থাকিবে, কিন্তু ইহার পারমাণবিক সংখ্যা $(Z-2)$ হইতে বৃদ্ধি পাইয়া Z হইবে। এই কেন্দ্রকটির পারমাণবিক সংখ্যা প্রাথমিক কেন্দ্রকটির পারমাণবিক সংখ্যার সমান বলিয়া এই কেন্দ্রকটি প্রাথমিক কেন্দ্রকের আইসোটোপ। ইহার ভরসংখ্যা $(M-4)$। অর্থাৎ,

প্রাথমিক ও অন্তিম কেন্দ্রকের ভরসংখ্যার পার্থক্য হইল 4। অন্তিম কেন্দ্রকটিকে নিম্নরূপ প্রতীকের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়—

$$_{Z}X^{M-4}$$

551. কোন তেজস্ক্রিয় পরমাণুর কেন্দ্রক হইতে একটি β-কণা নিঃসৃত হইলে উহার পরমাণু ক্রমাঙ্ক 1 বৃদ্ধি পায়। আর, একটি α-কণা নিঃসৃত হইলে ইহার পরমাণু ক্রমাঙ্ক 2 হ্রাস পায়। সুতরাং, একটি β-কণা এবং একটি α-কণা নিঃসরণের ফলে পরমাণু-ক্রমাঙ্কের হ্রাস$=(2-1)$ বা 1। লিথিয়ামের পরমাণু-ক্রমাঙ্কের মান 3 ; কাজেই নবগঠিত পরমাণুর পরমাণু-ক্রমাঙ্ক$=(3-1)$ বা 2।

এখন, β-কণা নিঃসরণের ফলে ভর-সংখ্যা বদলায় না, কিন্তু α-কণা নিঃসৃত হইলে ভর-সংখ্যা 4 হ্রাস পায়। লিথিয়ামের আলোচ্য আইসোটোপটির ভর-সংখ্যা 8 ; কাজেই, নবগঠিত পরমাণুর ভর-সংখ্যা হইবে $(8-4)$ বা 4।

নবগঠিত পরমাণুর ভর-সংখ্যা 4 এবং পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 2। স্পষ্টতই, ইহা একটি হিলিয়াম পরমাণু। ইহাকে নিম্নরূপ প্রতীক-চিহ্নের সাহায্যে প্রকাশ করা যায় ঃ

$$_{2}He^{4}$$

552. দ্রুতগামী নিউট্রনগুলি স্থিরভাবে অবস্থিত মডারেটরের কণাগুলির সহিত স্থিতিস্থাপক সংঘাতে লিপ্ত হয়। স্থিতিস্থাপক সংঘাতের সময় রৈখিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র এবং গতিশক্তির সংরক্ষণ সূত্র পালিত হয়।

এই দুই সংরক্ষণ সূত্র প্রয়োগ করিয়া আমরা নিম্নোক্ত সিদ্ধান্তগুলিতে উপনীত হইতে পারি।

(i) যদি মডারেটর কণাগুলি আপতিত নিউট্রন-কণাগুলির তুলনায় খুব ভারী হয় (যেমন, সীসা) তাহা হইলে নিউট্রন ও মডারেটর কণার মুখোমুখি (head on) স্থিতিস্থাপক সংঘাতের ফলে নিউট্রনটি কার্যত একই দ্রুতিতে বিপরীত দিকে প্রতিফলিত হয়।

(ii) যদি মডারেটর কণাগুলি নিউট্রনের তুলনায় খুবই হাল্কা হয় (যেমন, ইলেকট্রন) তাহা হইলে নিউট্রন ও মডারেটর-কণার সোজাসুজি সংঘাতের ফলে নিউট্রনের গতিবেগের বিশেষ পরিবর্তন ঘটিবে না, কিন্তু উহার সহিত সংঘাতে লিপ্ত হাল্কা কণাটি নিউট্রনের প্রারম্ভিক গতিবেগের দ্বিগুণের কাছাকাছি গতিবেগ লইয়া প্রতিক্ষিপ্ত হইবে।

(iii) যদি মডারেটরের স্থির কণাগুলির ভর নিউট্রনের ভরের কাছাকাছি হয় (যেমন, প্রোটন বা হাইড্রোজেন নিউক্লিয়াস) তাহা হইলে নিউট্রনের সহিত মডারেটরের কণাগুলির মুখোমুখি স্থিতিস্থাপক সংঘাতের ফলে নিউট্রনটি প্রায় স্থির অবস্থায় আসিবে এবং সংঘাত-লিপ্ত অপর কণাটি নিউট্রনের প্রাথমিক গতিবেগ লাভ করিবে।

কাজেই দেখা যাইতেছে যে, দ্রুতগামী নিউট্রনের গতিবেগ কমাইবার জন্য হাইড্রোজেন নিউক্লিয়াস-সম্বলিত মডারেটরই সর্বাপেক্ষা উপযোগী।

553. যখন কোন দ্রুতগামী ইলেকট্রন-ধারা একটি ভারী ধাতব পদার্থের দ্বারা গঠিত লক্ষ্যবস্তুর উপর আপতিত হয় তখন ইলেকট্রনগুলির গতিশক্তির একাংশ এক্স-রশ্মিতে রূপান্তরিত হয়। এই সময় ইলেকট্রনগুলির গতিশক্তির বেশির ভাগই তাপ-শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ইলেকট্রনগুলি যত বেশি গতিবেগে আসিয়া লক্ষ্যবস্তুকে আঘাত করে উৎপন্ন এক্স-রশ্মির তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য তত ক্ষুদ্র হয় অর্থাৎ, উৎপন্ন এক্স-রশ্মির ভেদন-ক্ষমতা (penetrating power) তত বেশি হয়।

554. আমরা জানি যে, ν-কম্পাঙ্কবিশিষ্ট কোন ফোটন-কণার শক্তি, $E=h\nu$ এখানে h হইল প্লাঙ্কের ধ্রুবক। অর্থাৎ, কোন ফোটনের শক্তি উহার কম্পাঙ্কের সমানুপাতিক। কাজেই, কম্পাঙ্ক হ্রাস না পাইলে কোন ফোটনের শক্তির হ্রাস ঘটে না। সুতরাং, যদি দর্পণে আপতিত আলোর সবগুলি ফোটনই প্রতিফলিত হইত এবং উহাদের শক্তি 20% হ্রাস পাইত তাহা হইলে ফোটনের কম্পাঙ্কের পরিবর্তন হইত। কিন্তু পরীক্ষার সাহায্যে দেখা যায় যে, কোন স্থির দর্পণ হইতে প্রতিফলনের সময় আলোর কম্পাঙ্কের কোন পরিবর্তন হয় না। সুতরাং, কোন দর্পণ হইতে আপতিত আলোর 80% প্রতিফলিত হইবার অর্থ এই নয় যে, দর্পণ হইতে প্রতিটি ফোটনই প্রতিফলিত হয় এবং উহাদের শক্তি 20% হ্রাস পায়। এক্ষেত্রে প্রকৃতপক্ষে 20% ফোটন-কণা প্রতিফলিত হইতে পারে না, আপতিত আলোর 80% ফোটন প্রতিফলিত হয়। যে-ফোটনগুলি প্রতিফলিত হয় উহাদের শক্তি অপরিবর্তিত থাকে। এইজন্য আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক এবং প্রতিফলিত ফোটনের কম্পাঙ্ক অভিন্ন হয়।

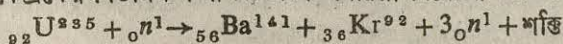
555. ট্রায়োডের সাহায্যে পরবর্তী বিভব-বৈষম্যকে বিবর্ধিত করা যায়। বিবর্ধক-বর্তনীতে 'সিগ্ন্যাল'-বিবর্ধিত হয় বটে, কিন্তু ইহাতে শক্তির নিত্যতা সূত্রটি লঙ্ঘিত হয় না। বিবর্ধকের গ্রিড-বর্তনীতে যে-পরিবর্তী বিভব-বৈষম্য (সিগ্ন্যাল) প্রয়োগ করা হয়, প্লেট-বর্তনীতে যুক্ত রোধের দুই প্রান্তে উহার বিবর্ধিত প্রতিরূপ পাওয়া যায়। কিন্তু সরবরাহিত শক্তি অপেক্ষা বর্তনীতে উৎপন্ন শক্তির মান বেশি হয় না। বিবর্ধকে সিগ্ন্যালের বিবর্ধিত প্রতিরূপ উৎপন্ন করিতে যে-শক্তির প্রয়োজন প্লেট-বর্তনীতে যুক্ত উচ্চ বিভব-বৈষম্যসম্পন্ন ব্যাটারী সেই শক্তির যোগান দেয়।

556. আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতাবাদ অনুসারে ভর ও শক্তি পরস্পরের তুল্য। আইনস্টাইন প্রমাণ করিয়াছেন যে, m পরিমাণ ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হইলে যে-পরিমাণ শক্তি (E) উৎপন্ন হয় তাহা নিম্নের সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়—

$$E=mc^2$$

এখানে c হইল শূন্যস্থানে আলোর গতিবেগ।

কেন্দ্রক বিভাজনের সময় কিছু পরিমাণ ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। অর্থাৎ, ভরের শক্তিতে রূপান্তরই কেন্দ্রক বিভাজন প্রক্রিয়ায় উদ্ভূত শক্তির উৎস। উদাহরণস্বরূপ, ইউরেনিয়াম কেন্দ্রকের বিভাজন-সম্পর্কিত একটি বিক্রিয়া বিবেচনা করা যায়—

$$_{92}U^{235}+{_0n^1}\rightarrow{_{56}Ba^{141}}+{_{36}Kr^{92}}+3{_0n^1}+\text{শক্তি}$$

এখন U^{235}-এর পারমাণবিক ভর 235·1175 a. m. u. এবং নিউট্রনের ভর 1·00898 a. m. u. ; কাজেই, বিভাজনের পূর্বে কেন্দ্রক বিভাজন বিক্রিয়ায় লিপ্ত ইউরেনিয়াম কেন্দ্রক ও নিউট্রনের ভর $= 235{\cdot}1175 + 1{\cdot}00898 \cong 236{\cdot}1265$ a.m.u

বেরিয়াম Ba^{141}-এর পারমাণবিক ভর 140·9577 a. m. u. এবং ক্রিপ্‌টন Kr^{92}-এর পারমাণবিক ভর 91·9264 a. m. u. ; কাজেই, বিভাজনের পর কেন্দ্রক বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির ভর

$$= 140{\cdot}9577 + 91{\cdot}9264 + 3 \times 1{\cdot}00898$$
$$= 233{\cdot}911 \text{ a. m. u.}$$

সুতরাং, বিভাজনের ফলে ভর-হ্রাস, $\triangle m = 236{\cdot}1264 - 835{\cdot}911$
$= 0{\cdot}2154$ a. m. u.

এই ভরই কেন্দ্রক বিভাজনের সময় শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

আমরা জানি যে, 1 a. m.u. $=$ 931 Mev

কাজেই, একটি ইউরেনিয়াম কেন্দ্রকের বিভাজনে উৎপন্ন শক্তির পরিমাণ $0{\cdot}2154 \times 931$ Mev $\cong$ 200 Mev

557. একটি α-কণাকে দুইটি প্রোটন এবং দুইটি নিউট্রনের সমষ্টি রূপে কল্পনা করা যায়। কাজেই, কোন তেজস্ক্রিয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে একটি α-কণা নিঃসৃত হইলে উহার ভরসংখ্যা 4 কমিয়া যায় এবং পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 2 হ্রাস পায়।

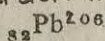
সুতরাং, কোন ইউরেনিয়াম পরমাণু ${}_{92}U^{238}$ হইতে 8টি α-কণা নিঃসৃত হইলে ঐ পরমাণুর ভরসংখ্যার হ্রাস $= 4 \times 8$ বা 32 এবং পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের হ্রাস $= 2 \times 8$ বা 16

আবার, β-বিঘটনের সময় নিউক্লিয়াস হইতে যখন কোন β-কণা বা ইলেকট্রন নিঃসৃত হয় তখন একটি নিউট্রন কণা একটি প্রোটন-কণায় রূপান্তরিত হয়। এই সময় পরমাণুর ভর-সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না, কিন্তু ইহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বাড়ে। সুতরাং, কোন তেজস্ক্রিয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে 6টি ইলেকট্রন নিঃসৃত হইলে উহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের বৃদ্ধি $= 6$

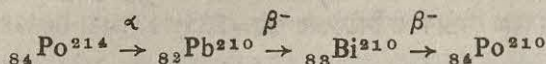
কাজেই, 8টি α-কণা এবং 6টি ইলেকট্রন নিঃসৃত হইবার ফলে ${}_{92}U^{238}$ পরমাণুর ভরসংখ্যার হ্রাস $= 32$ এবং পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের হ্রাস $= 16 - 6 = 10$

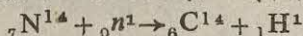
সুতরাং, উদ্ভূত সীসার আইসোটোপের ভরসংখ্যা হইবে $(238 - 32)$ বা 206 এবং পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক হইবে $(92 - 10)$ বা 82।

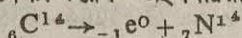
অর্থাৎ, সীসার পরমাণুটির প্রতীক চিহ্নটি হইবে নিম্নরূপ

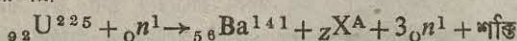
$${}_{82}Pb^{206}$$

558. পোলোনিয়ামের আইসোটোপ ${}_{84}Po^{214}$ কেন্দ্রক α-কণা নিঃসৃত করিয়া ${}_{82}Pb^{210}$ কেন্দ্রকে রূপান্তরিত হয়। এই নিউক্লিয়াস প্রথমে একটি β-কণা নিঃসৃত করিয়া ${}_{83}Bi^{210}$ কেন্দ্রকে পরিণত হয়। ইহার পর ${}_{83}Bi^{210}$ কেন্দ্রক একটি

β-কণা ছাড়িয়া পোলোনিয়ামের আইসোটোপ $_{84}Po^{210}$-এ পরিণত হয়। এই বিঘটন-গুলির সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$_{84}Po^{214} \xrightarrow{\alpha} {}_{82}Pb^{210} \xrightarrow{\beta^-} {}_{83}Bi^{210} \xrightarrow{\beta^-} {}_{84}Po^{210}$$

559. $_7N^{14}$ নাইট্রোজেন কেন্দ্রকের সহিত নিউট্রনের সংঘাতে $_6C^{14}$ কার্বন কেন্দ্রক এবং একটি প্রোটন কণা উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ার নিউক্লীয় সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow {}_6C^{14} + {}_1H^1$$

উৎপন্ন কার্বন আইসোটোপটি তেজস্ক্রিয়। ইহা β-কণা নিঃসৃত করিয়া নাইট্রোজেনের আইসোটোপ $_7N^{14}$ উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ার নিউক্লীয় সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$_6C^{14} \rightarrow {}_{-1}e^0 + {}_7N^{14}$$

560. পর্যায় সারণী হইতে পাওয়া যায় যে, ইউরেনিয়ামের পারমাণবিক সংখ্যা 92 এবং বেরিয়ামের পারমাণবিক সংখ্যা 56। মনে করি, আলোচ্য কেন্দ্রক বিভাজনের ফলে উৎপন্ন অজানা পরমাণুর ভরসংখ্যা A এবং পারমাণবিক সংখ্যা Z। এই পরমাণুর প্রতীক চিহ্নকে X ধরিয়া আলোচ্য কেন্দ্রক বিভাজন প্রক্রিয়াটিকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়—

$$_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{56}Ba^{141} + {}_ZX^A + 3\,{}_0n^1 + \text{শক্তি}$$

কেন্দ্রক বিভাজন প্রক্রিয়ায় মোট নিউক্লিয়নের সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া লেখা যায়,

$$235 + 1 = 141 + A + 3$$

$$\text{বা,}\quad A = 92 \qquad \cdots \quad \text{(i)}$$

আবার, আলোচ্য বিভাজন প্রক্রিয়ায় মোট প্রোটন-সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় নাই বলিয়া লেখা যায়,

$$92 = 56 + Z \quad \text{বা,} \quad Z = 36 \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

অর্থাৎ, অজানা পরমাণুটির পারমাণবিক সংখ্যা 36; পর্যায় সারণী হইতে দেখা যাইবে যে, ক্রিপটন পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা 36। সুতরাং, অজানা পরমাণুটি ক্রিপ্‌টনের একটি আইসোটোপ। ইহার প্রতীকচিহ্নটি নিম্নরূপে লেখা যায়,

$$_{36}Kr^{92}$$

561. U-238 পরমাণুর ভরসংখ্যা 238 এবং Pb-206 পরমাণুর ভরসংখ্যা 206; কাজেই U-238 পরমাণু Pb-206 পরমাণুতে পরিণত হইবার সময় উহার ভরসংখ্যার হ্রাস $= 238 - 206 = 32$

β-কণা নিঃসরণে ভরসংখ্যা বদলায় না, কিন্তু α-কণা নিঃসরণের সময় প্রতি α-কণার ক্ষেত্রে ভরসংখ্যার হ্রাস হয় 4; সুতরাং, U-238 পরমাণুকে Pb-206 পরমাণুতে পরিণত হইতে হইলে U-238 পরমাণুর কেন্দ্রক হইবে 32/4 বা ৪টি α-কণা নিঃসৃত হইতে হইবে। α-কণায় দুইটি করিয়া প্রোটন থাকে বলিয়া প্রতিটি α-কণা

নিঃসরণের সময় তেজস্ক্রিয় পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা 2 কমিয়া যায়। কাজেই কেবলমাত্র 8-টি ∝-কণা নিঃসৃত করিলে U-238 পরমাণু হইতে যে-পরমাণুটি গঠিত হইবে উহার পারমাণবিক সংখ্যা হইবে $(92-2\times8)$ বা 76।

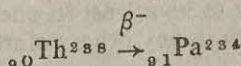
কিন্তু প্রশ্নানুসারে, অন্তিম পরমাণুটি সীসা এবং ইহার পারমাণবিক সংখ্যা 82। প্রতিটি β-কণা নিঃসরণে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা 1 বাড়িয়া যায়। কাজেই, এক্ষেত্রে মোট $(82-76)$ বা 6টি β-কণা নিঃসৃত হইলে অন্তিম পরমাণুটি Pb-206 হইবে।

কাজেই, U-238 পরমাণুকে U-206-পরমাণুতে পরিণত হইতে হইলে 8টি ∝-কণা এবং 6টি β-কণা নিঃসৃত করিতে হইবে।

562. (a) ${}_{92}U^{238}$ আইসোটোপ দিয়া আলোচ্য তেজস্ক্রিয় বিঘটন শ্রেণীটি শুরু হয়।

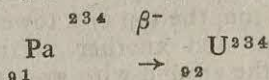
(b) এই শ্রেণীতে যে-দুই জোড়া আইসোটোপ দেখা যাইতেছে উহারা হইল—(i) ইউরেনিয়ামের এক জোড়া আইসোটোপ ${}_{92}U^{238}$ এবং ${}_{92}U^{234}$ এবং (ii) থোরিয়ামের দুইটি আইসোটোপ ${}_{90}Th^{234}$ এবং ${}_{90}Th^{230}$।

(c) আলোচ্য শ্রেণীতে β-বিঘটনের দুইটি দৃষ্টান্ত দেখা যাইতেছে। (i) ${}_{90}Th^{234}$ কেন্দ্রক β-কণা নিঃসৃত করিয়া ${}_{91}Pa^{234}$ কেন্দ্রকে রূপান্তরিত হয়।

এই β-বিঘটনের নিউক্লীয় সমীকরণ হইল

$${}_{90}Th^{238} \xrightarrow{\beta^-} {}_{91}Pa^{234}$$

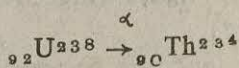
(ii) ${}_{91}Pa^{234}$ কেন্দ্রক β-কণা নিঃসৃত করিয়া ${}_{92}U^{238}$ কেন্দ্রকে পরিণত হয়।

এই β বিঘটনের নিউক্লীয় সমীকরণ হইল

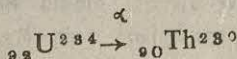
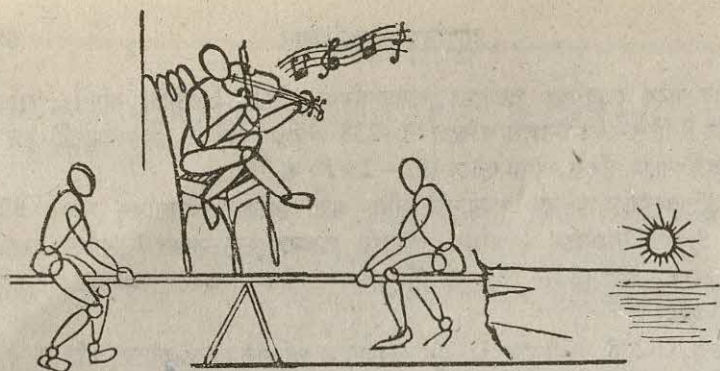
$$\underset{91}{\text{Pa}}{}^{234} \xrightarrow{\beta^-} \underset{92}{U}{}^{234}$$

(d) আলোচ্য শ্রেণীতে ∝-বিঘটনেরও দুইটি দৃষ্টান্ত দেখা যাইতেছে ঃ

(i) ${}_{92}U^{228}$ কেন্দ্রক ∝-কণা নিঃসৃত করিয়া ${}_{90}Th^{234}$ কেন্দ্রকে পরিণত হয়।

এই ∝-বিঘটনের সমীকরণ হইল

$${}_{92}U^{238} \xrightarrow{\alpha} {}_{90}Th^{234}$$

(ii) ${}_{92}U^{234}$ কেন্দ্রক ∝-কণা নিঃসৃত করিয়া ${}_{90}Th^{230}$ কেন্দ্রকে পরিণত হয়।

এই ∝-বিঘটনের সমীকরণ

$${}_{92}U^{234} \xrightarrow{\alpha} {}_{90}Th^{230}$$

বিবিধ প্রশ্নাবলী

563. একটি বিমান ভূমি হইতে নির্দিষ্ট উচ্চতা বজায় রাখিয়া উত্তর দিকে সমদ্রুতিতে চলিতেছে। বিমানটি কি সমবেগে চলিতেছে ?

[An aeroplane travels due north at a constant elevation with a constant speed. Is it moving with uniform velocity ?]

564. কোন নির্দেশ ফ্রেমে একটি বস্তুর বেগ ধ্রুবক হইলে অন্য কোন নির্দেশ ফ্রেমে বস্তুটি স্থির থাকিতে পারে কি ?

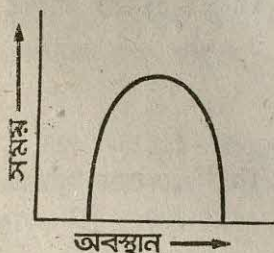
[Is it possible for a body to be at rest in one frame of reference while it has uniform velocity in any other reference frame ?]

565. একটি মিনারের চূড়া হইতে একই দ্রুতিতে দুইটি বল ছোঁড়া হইল—একটিকে উল্লম্বভাবে উপরের দিকে এবং অন্যটিকে উল্লম্বভাবে নিচের দিকে। উহাদের মধ্যে কোন্‌টি বৃহত্তর বেগে ভূমি স্পর্শ করিবে ?

[Two balls are thrown from the top of a tower with the same speed one vertically upward and another vertically downward. Which of them will strike the ground with greater velocity ?]

566. 319 নং চিত্রে সময়ের সহিত অবস্থানের যে-রূপ পরিবর্তন দেখান হইয়াছে প্রকৃতিতে সেইরূপ পরিবর্তন দেখা যায় কি ?

চিত্র 319

[Is the time variation of position shown in figure (Fig. 319) observed in nature ?]

[আই. আই. টি: অ্যাডমিশন টেস্ট, 1979]

567. বায়ুপ্রবাহ না থাকিলে বারিবিন্দু স্থির বেগে উল্লম্বভাবে পড়ে। কোন বৃষ্টির দিনে এক ব্যক্তি গাড়ি চালাইয়া যাইবার সময় দেখিল যে, গাড়ির পাশের জানালায় বারিবিন্দুগুলি যে-দাগ রাখিয়া গেল উহারা একই কোণে আনত।

ইহা হইতে গাড়ির গতি সম্পর্কে কী সিদ্ধান্তে আসা যায় ? ঐ দাগগুলির আনতি হইতে এবং গাড়ির স্পীডোমিটারের পাঠ হইতে বারিবিন্দুর দ্রুতি কীরূপে নির্ণয় করা যায় দেখাও।

[If there is no wind, raindrops fall vertically with constant speed. A man driving a car on a rainy day observes that the tracks left by raindrops on the side-windows of the car are all inclined at the same angle. What conclusions can be drawn about the motion of the car ? Show how the speed of the rain-drops can be obtained from the inclination of these tracks and the reading of the speedometer of the car.] [লণ্ডন বিশ্ববিদ্যালয়]

568. যখন একটি বলকে উপর দিকে ছোঁড়া হয় তখন প্রথমে ইহার ভরবেগের মান হ্রাস পাইতে থাকে এবং ইহার পর বাড়িতে থাকে। ইহাতে কি ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র লঙ্ঘিত হয় ?

[When a ball is thrown up, the magnitude of its momentum decreases and then increases. Does this violate the principle of conservation of momentum ?] [আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1979]

569. দুই দলের মধ্যে দড়ি টানাটানি প্রতিযোগিতায় উভয় দলের প্রযুক্ত 400 kgf মানের সমান এবং বিপরীতমুখী টানের প্রভাবে দড়িটি (যাহার ভর উপেক্ষণীয়)। অনুভূমিক অবস্থায় সাম্যে আছে। যদি ঐ দড়ির মাঝখানে 5 kg ভর ঝুলাইয়া দেওয়া হয় তবে দড়িটিকে অনুভূমিক রাখিতে উভয় দলকে অতিরিক্ত কী বল প্রয়োগ করিতে হইবে ?

[In a tug-of-war, between two teams, the rope (of negligible mass) is horizontal and in equilibrium under the action of equal and opposite forces of magnitude 400 kgf exerted by each team. What is the extra force required to be exerted by the team to keep the rope horizontal, if a mass of 5 kg is suspended from the middle of the rope ?]

570. উল্লম্ব অভিমুখে ত্বরণশীল লিফ্‌টে একটি সাধারণ তুলার সাহায্যে এবং একটি স্প্রিং-তুলার সাহায্যে একটি বস্তুর ওজন লওয়া হইল। এই দুই ক্ষেত্রে ওজনের কোন পার্থক্য হইবে কি ?

[A body is weighed in a vertically accelerating lift by a common balance and by a spring balance. Will there be any difference in the observed weights ?]

571. রাইফেল হইতে একটি বুলেট ছোঁড়া হইল। যদি রাইফেলটি অবাধে প্রতিক্ষিপ্ত হয় তবে রাইফেলের গতিশক্তি বুলেটের গতিশক্তির বেশি হইবে, সমান হইবে, নাকি কম হইবে তাহা নির্ধারণ কর।

[A bullet is fired from a rifle. If the rifle recoils freely, determine whether the kinetic energy of the rifle is greater than, equal to or less than that of the bullet ?]

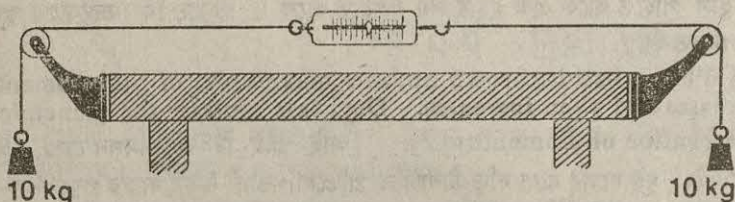
[আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1978]

572. কোন দৌড় প্রতিযোগিতা শুরু করিবার পর প্রতিটি প্রতিযোগীর ভরবেগ দৌড় শুরু করিবার পূর্বের ভরবেগ হইতে ভিন্ন হয়। ইহা কি রৈখিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র লঙ্ঘনের দৃষ্টান্ত ?

[Before starting a race, each runner has momentum which differs from that which he has during the race. Does this represent a violation of the principle of conservation of energy ?]

[কেম্ব্রিজ বিশ্ববিদ্যালয়]

573. একটি স্প্রিং-তুলার সহিত দুইটি 10 kg ভর 320 নং চিত্রের ন্যায় যুক্ত আছে। স্প্রিং-তুলার পাঠ 0 kgf, 10 kgf, 20 kgf, নাকি অন্য কিছু হইবে ?

[The 10 kg masses are attached to a spring balance as shown in Fig. 320. Does the balance read 0 kgf, 10 kgf, 20 kgf, or give some other reading ?]

চিত্র 320

574. যখন কোন বল একটি বস্তুর গতিপথের লম্বভাবে ক্রিয়া করে তখন বস্তুটির বেগ কীরূপে পরিবর্তিত হয় ? এইরূপ পরিস্থিতির একটি দৃষ্টান্ত দাও।

[How is the velocity of an object changed when a force acts in a direction perpendicular to its path ? Mention one example of this situation.]

575. একটি গ্রহের ভর এবং ব্যাস পৃথিবীর ভর এবং ব্যাসের দ্বিগুণ। যে-দোলক পৃথিবী-পৃষ্ঠে সেকেণ্ড-দোলকের ন্যায় আন্দোলিত হয় উক্ত গ্রহে উহার দোলনকাল কত হইবে ?

[The mass and diameter of a planet are twice those of the earth. What will be the time period of oscillation of a pendulum on this planet, if it is a seconds pendulum on the earth ?]

[আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1973]

576. K মানের বলধ্রুবকবিশিষ্ট একটি স্প্রিংকে তিনটি সমান অংশে কাটা হইল। প্রতিটি অংশের বলধ্রুবক কত হইবে ?

[A spring of force constant K is cut into three equal parts. What will be the force constant of each part ?]

[আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1978]

577. একটি স্প্রিং-তুলার সহিত যুক্ত M ভর 2 s দোলনকাল লইয়া আন্দোলিত হয়। যদি ভরটি 2 kg বাড়ে তাহা হইলে দোলনকাল 1 s বৃদ্ধি পায়। হুকের সূত্রটি প্রযোজ্য ধরিয়া প্রাথমিক ভর M-এর মান নির্ণয় কর।

[A mass M, attached to a spring, oscillates with a period of 2 s.

If the mass is increased by 2 kg, the period increases by 1 s. Find the initial mass M, assuming that Hooke's law is obeyed.]

[আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1979]

578. পিতলের তৈরি সমান ভরবিশিষ্ট একটি চাক্তি, একটি ঘনক এবং একটি গোলককে সম্পূর্ণভাবে জলে নিমজ্জিত করা হইল। ইহাদের মধ্যে কোন্‌টির উপর ন্যূনতম প্লবতা ক্রিয়া করিবে ?

[A disc, a cube and a sphere, all made of brass and having the same mass, are immersed completely in water. Which one of them will experience minimum buoyancy ?]

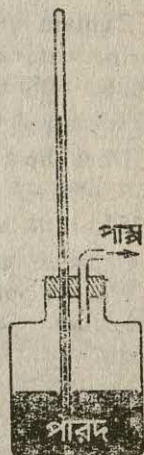
579. m ভরবিশিষ্ট এবং R ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি রবারের বলকে জলে h গভীরতায় নিমজ্জিত করিয়া ছাড়িয়া দেওয়া হইল। বলটি জলপৃষ্ঠের উপরে কতটা লাফাইয়া উঠিবে ? জল এবং বায়ুজনিত বাধা উপেক্ষা কর।

[A rubber ball of mass m and of radius R is submerged into water to a depth h and is then released. What height will the ball jump upto above the water surface ? Neglect the resistance due to water and air.]

580. একই আয়তন এবং ওজনবিশিষ্ট দুইটি আবদ্ধ চোঙাকৃতি পাত্রকে জলে H গভীরতায় নিমজ্জিত করা হয়। ইহাদের মধ্যে একটির নিচে একটি ছিদ্র আছে যাহার মধ্য দিয়া জল প্রবেশ করে। উভয় পাত্রকে জলে নিমজ্জিত করিতে কি একই পরিমাণ কার্য করিতে হইবে ? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[Two closed cylindrical vessels of equal volume and weight are immersed in water to a depth H. One of the vessels has an opening at the bottom which admits water. Will the same work be required to immerse each of the cylinders in water ?]

581. 321 নং চিত্রে এমন একটি ব্যারোমিটার দেখান হইয়াছে যাহার পারদপাত্রটি একটি সীল-করা বোতল দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়াছে। যদি পার্শ্বনলটিকে বায়ু-সংনমক পাম্পের সহিত যুক্ত করিয়া উহা হইতে বায়ু বাহির করিয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে কী হইবে ? আবার বায়ু প্রবেশ করাইলেই বা কী হইবে ?

[Fig 321 shows a barometer in which mercury trough is replaced by a bottle sealed except for the side tube. What happens when the side tube is connected to a vacuum pump and the air in the bottle is pumped out ? What happens when the air is admitted again ?]

চিত্র 321

582. যখন একটি ফর্টিন ব্যারোমিটারকে (i) পর্বতশীর্ষে লইয়া যাওয়া হয়,

(ii) উহাতে পারদের উপরে এক ফোঁটা জল প্রবেশ করান হয় তাহা হইলে উহার পাঠের কী পরিবর্তন হয় ?

[How are the readings of a Fortin's barometer affected when (i) the instrument is taken at the top of a mountain, (ii) a drop of water is introduced above the mercury surface in the tube.]

[কেম্ব্রিজ স্কুল সার্টিফিকেট]

583. পুরীতে এবং দার্জিলিং-এ ব্যারোমিটার পাঠে পার্থক্য থাকে কেন ব্যাখ্যা কর।

[Explain why there is a difference in the readings of a barometer at Puri and at Darjeeling.]

[আই এসসি (কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়), 1947]

584. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতা কীরূপভাবে প্রভাবিত হইবে বিবৃত কর : (i) পারদপাত্রে আরও কিছু পারদ ঢালা হইল, (ii) পারদপাত্র হইতে কিছুটা পারদ সরান হইল, (iii) নলের প্রস্থচ্ছেদ বড় করা হইল, (iv) নলটিকে উল্লম্ব রেখার সহিত কাৎ করিয়া ধরা হইল, (v) উল্লম্ব ব্যারোমিটারের নলকে ধীরে ধীরে পারদপাত্রের মধ্যে ঠেলা হইল।

[State the effect, if any, of the following on the height of the mercury column in the barometer tube : (i) more mercury is poured in the cup, (ii) some mercury is taken out of the cup, (iii) the bore of the tube is increased, (iv) the barometer tube is inclined to the vertical, (v) the vertical barometer tube is gradually pushed into the mercury cup.]

585. জল ঢালিয়া জ্বলন্ত কেরোসিন তেল নিভান যায় না কেন ব্যাখ্যা কর।

[Explain why burning kerosine oil cannot be extinguished by pouring water on it.]

586. দুইটি বস্তুকে পৃথিবী হইতে চাঁদে লইয়া গেলে উহাদের মধ্যে ঘর্ষণ-গুণাঙ্কের কোন পরিবর্তন হইবে কী ?

[Does the coefficient of friction between two bodies change when they are taken from the earth to the moon ?]

587. যখন একটি বিন্দুভর সমদ্রুতি লইয়া বৃত্তপথে পরিভ্রমণ করে তখন উহার ত্বরণ অপরিবর্তিত থাকে কি ? ব্যাখ্যা কর।

[When a point mass moves in a circular path with uniform speed, does its acceleration remain unaltered ? Explain.]

588. কোন বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল সকল বলের লব্ধি শূন্য—ইহার অর্থ কি এই যে, বস্তুটি অবশ্যই সাম্যে আছে ? ব্যাখ্যা কর।

[If the resultant of all the forces acting on a body is zero, does this mean that the body must be in equilibrium ? Explain.]

589. কোন বস্তুর ভারকেন্দ্রকে সাধারণত উহার ভরকেন্দ্রের সহিত সমাপতিত ধরা হয়। ইহা যুক্তিপূর্ণ কেন ? কোন্ অবস্থায় ভারকেন্দ্র এবং ভরকেন্দ্র পরস্পর সমাপতিত হয় না ? ব্যাখ্যা কর।

[The centre of gravity of a body is usually considered to be coincident with its centre of mass. Why is this justfied ? Under what condition, are the centre of gravity and the centre of mass of a body not coincident ? Explain.]

590. অন্য সব কিছু অভিন্ন হইলে কোন বস্তুর উষ্ণতাজনিত আয়তন-পরিবর্তন বস্তুটির ফাঁপা কিংবা নিরেট হওয়ার উপর নির্ভর করে কি ? ব্যাখ্যাসহ উত্তর দাও।

[Does the change in volume of a solid body due to the change in its temperature depend on whether the body has cavities inside it or not, other things being equal ? Explain your answer.]

[জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1983]

591. α রৈখিকগুণাঙ্কবিশিষ্ট একটি লম্বা চোঙাকৃতি পাত্রকে একটি নির্দিষ্ট লেভেল পর্যন্ত একটি তরলে পূর্ণ করা হইল। দেখা গেল যে, সকল উষ্ণতায় তরলের লেভেল একই থাকে। তরলটির আয়তন-প্রসারণ গুণাঙ্কের মান কি ?

[A long cylindrical vessel having a linear coefficient of expansion α is filled with a liquid upto a certain level. On heating, it is found that the level of the liquid in the cylinder remains the same at all temperatures. What is the volume coefficient of expansion of the liquid ?] [আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1979]

592. 'কিছু পরিমাণ তাপ সরবরাহ করিলে তবেই কোন গ্যাস স্থির উষ্ণতায় প্রসারিত হইতে পারে।' উক্তিটি ব্যাখ্যা কর।

['A gas can expand at constant temperature only if a certain quantity of heat is supplied to it. Explain the statement.]

593. শিশিরাঙ্ক কি 0°C অপেক্ষা কম হইতে পারে ?

[Can dew-point be lower than 0°C ?]

594. দুই বন্ধু এক রেস্তোরাঁয় গিয়া চায়ের অর্ডার দিল এবং অপর এক বন্ধুর আগমনের অপেক্ষা করিতে লাগিল। উহাদের একজন কাপে চা ঢালিয়া সঙ্গে সঙ্গে ঠাণ্ডা দুধ মিশাইয়া দিল। অন্য জন কাপে চা ঢালিয়া বন্ধুটি আসিবার পর চায়ের সহিত ঠাণ্ডা দুধ মিশাইল। কাহার কাপ অপেক্ষাকৃত গরম রহিল ? যুক্তিসহ উত্তর দাও।

[Two persons ordered tea in a restaurant and waited for a friend to arrive. One of them poured tea in his cup and immediately mixed cold milk in it. The other poured his tea and mixed the milk after the friend arrived. Whose cup was hotter ? Give reasons for your answer.] [আই. আই. টি অ্যাডমিশন টেস্ট, 1976]

595. যদিও পশমের চেয়ে বায়ু বেশি কুপরিবাহী তবু তাপ-অন্তরক হিসাবে বায়ুর পরিবর্তে পশমই ব্যবহৃত হয়। ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

[Explain why felt rather than air is used for thermal insulation even though the thermal conductivity of air is less than that of felt.] [জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1985]

596. বাষ্প জ্যাকেটের দ্বারা বেষ্টিত একটি ব্যারোমিটার-নলে পারদের উপর যথেষ্ট

পরিমাণ জল প্রবেশ করান হইল। যখন উষ্ণতা 100°C-এ উঠে তখন ব্যারোমিটারের পাঠ কত হইবে এবং কেন ?

[Sufficient amount of water is introduced above mercury into a barometer tube surrounded by a steam jacket. When the temperature rises to 100°C, what will be the reading of the barometer and why ?] [জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1984]

597. 'কোহলের স্ফুটনাঙ্ক 78°C'। এই উষ্ণতায় কোহলের সম্পৃক্ত বাষ্প চাপের মান কত ?

['The boiling point of alcohol is 78°C'. What is the value of the saturated vapour pressure of alcohol at this temperature ?]

[জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1983]

598. কী অবস্থায় বায়ুর পরম আর্দ্রতা বাড়িলেও আপেক্ষিক আর্দ্রতা হ্রাস পাইতে পারে ?

[In what conditions can the relative humidity of air diminish when the absolute humidity of air increases ?]

599. দুইটি পাত্র সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পে পূর্ণ আছে। একটি পাত্র 20°C-এ এবং অন্যটি 10°C-এ আছে। পাত্রদ্বয়ের আয়তন সমান এবং উভয়ের আয়তন 1 ঘনমিটার। যদি এই দুই পাত্রের বায়ু মিশ্রিত হয় তবে কী পরিমাণ শিশির জমিবে ? ধরিয়া লওয়া যায় যে, প্রদত্ত উষ্ণতার পাল্লায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ উষ্ণতার সমানুপাতিক এবং 10°C উষ্ণতায় ইহার মান 9 mmHg এবং 20°C উষ্ণতায় ইহার মান 17 mmHg। ইহাও ধরিয়া লও যে, উভয় পাত্রের বায়ুর তাপগ্রাহিতা সমান।

[Two vessels contain air saturated with vapour. One of the vessels is at 20°C and the other is at 10°C. The volumes of the vessels are same and equal to one cubic metre. What amount of dew will be deposited when these two masses of air are mixed ? It may be assumed that within the given range of temperature the saturated vapour pressure is proportional to the temperature and equal to 9 mmHg at 10°C and 17 mmHg at 20°C. You may further assume that the heat capacities of the masses of air in two vessels are equal.]

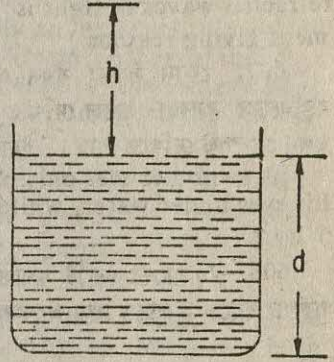
600. 20°C এবং 76 cmHg চাপের বায়ুতে পূর্ণ একটি নলে শব্দের বেগ 330 m/s। যদি চাপ বাড়াইয়া 100 cmHg করা হয় এবং উষ্ণতা স্থির রাখা হয় তবে শব্দের বেগ কী হইবে ?

[The velocity of sound in a tube containing air at 20°C and a pressure of 76 cmHg is 330 m/s. What will be the velocity of sound when the pressure is increased to 100 cmHg and temperature is kept constant.] [আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1976]

601. n প্রতিসরাঙ্কবিশিষ্ট একটি কাচের ফলকের উপর একটি আলোক-রশ্মি আপতিত হইল। এই রশ্মির একাংশ প্রতিফলিত হইল এবং একাংশ প্রতিসৃত হইল।

যদি প্রতিফলিত রশ্মি এবং প্রতিসৃত রশ্মির মধ্যবর্তী কোণ 90° হয় তাহা হইলে আপতন কোণের মান নির্ণয় কর।

[A ray of light falls on a glass slab of refractive index n. A part of this ray is reflected and a part is refracted. Find the angle of incidence of the ray if the angle between the reflected and refracted rays is 90°.]

602. একটি পাত্রে কিছু পরিমাণ জল আছে। পাত্রে জলের গভীরতা d-এর সমান (চিত্র 322)। আলোর একটি বিন্দু-উৎসকে জলপৃষ্ঠ হইতে h উচ্চতায় স্থাপন করা হইল। পাত্রটির সমতল দর্পণ-তুল্য তলদেশে এই আলোক-উৎসের প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হইবে? জলের প্রতিসরাঙ্ক $= \frac{4}{3}$।

চিত্র 322

[A vessel contains some water. The depth of the vessel full of water is d (Fig. 322). A point source of light is placed at a height h above the surface of water. Where will the image of this source in the plane mirror-like bottom of the vessel? The refractive index of water$=\frac{4}{3}$.]

603. বায়ুতে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_0 হইলে জলে ঐ আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য হয় (λ_0/n); এখানে n হইল জলের প্রতিসরাঙ্ক। অর্থাৎ, জলে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য হ্রাস পায়। ইহার অর্থ কি এই যে, জলের নিচে কোন ডুবুরী তাহার চারিপার্শ্বের বস্তুগুলিতে উহাদের স্বাভাবিক বর্ণ দেখিতে পারে না?

[If the wavelength of a light wave is λ_0 in air, its wavelength in water is (λ_0/n), where n is the refractive index of water relative to air. That is, wavelength of light diminishes in water. Does this imply that a diver cannot see surrounding objects in their natural colours?]

604. সমকোণী সমদ্বিবাহু প্রিজ্‌মের পরস্পর লম্বভাবে অবস্থিত দুই পৃষ্ঠে প্রতিফলক প্রলেপ দেওয়া আছে। প্রমাণ কর যে, উহার অতিভুজ পৃষ্ঠে ঐচ্ছিক কোণে আপতিত কোন আলোক-রশ্মি প্রিজ্‌ম হইতে উহার প্রাথমিক অভিমুখের সমান্তরালভাবে নিষ্ক্রান্ত হয়।

[The perpendicular faces of a right-angled isosceles prism are coated with reflecting coating. Prove that the rays of light incident at an arbitrary angle on the hypotenuse face will emerge from the prism parallel to the initial direction.]

605. একটি সাদা কাগজে 'উত্তম' শব্দটি লাল পেন্সিলে এবং 'সর্বোত্তম' কথাটি

সবুজ পেন্সিলে লেখা হইল। হাতের কাছে একটি সবুজ এবং একটি লাল কাচের পাত আছে। কোন্ কাচের মধ্য দিয়া 'উত্তম' শব্দটি দেখা যাইবে ?

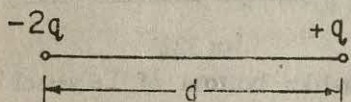
[The word 'good' is written on a sheet of white paper with a red pencil and the word 'best' with a green pencil. A green and a red pieces of glass are available. Through which glass can the word 'good' be seen ?]

606. কোন মাধ্যমে আপতিত আলোকতরঙ্গ এবং প্রতিসৃত আলোকতরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অনুপাত ঐ মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের সমান। যুক্তিসহ উক্তিটি প্রমাণ কর।

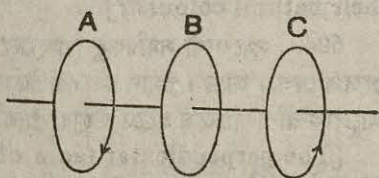
['The ratio between the wavelengths of the incident and refracted waves of light is its refractive index.' Prove the statement giving reasons.] [জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1985]

607. কোন সাঁতারু যখন জলের নিচে তাহার চোখ খোলে তখন সে চারিপার্শ্বে বস্তুনিচয়ের আবছা আদল দেখিতে পায় মাত্র, কিন্তু যখন সে মুখোশ ব্যবহার করে তখন সে স্পষ্ট দেখিতে পায়। ইহার কারণ কী ?

[A swimmer sees only hazy contours of objects when he opens his eyes under water, while they are distinct when using a mask. Why ?] [জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1985]

608. $2q$ মানের একটি ঋণাত্মক বিন্দু-আধান এবং q মানের একটি ধনাত্মক আধান পরস্পর হইতে d দূরত্বে স্থির অবস্থায় আছে (চিত্র 323)। e মানের একটি পরীক্ষাধীন ধনাত্মক বিন্দু-আধানকে উক্ত দুই বিন্দু-আধানের সংযোজী সরলরেখার উপর কোথায় স্থাপন করিলে ইহা সাম্যাবস্থায় থাকিবে ? অনুদৈর্ঘ্য গতির ক্ষেত্রে পরীক্ষাধীন আধানটির সাম্যের প্রকৃতি কী হইবে ?

চিত্র 323

[A negative point-charge of magnitude $2q$ and a positive point-charge of magnitude q are fixed at a distance d from each other (Fig. 323). Where should a positive test charge e be placed on the straight line joining the charges for it to be in equilibrium ? What is the nature of equilibrium of the test-charge with respect to longitudinal motions.]

609. তিনটি সদৃশ কুণ্ডলী A, B এবং C-কে পরস্পরের সহিত সমান্তরালভাবে স্থাপন করা হইল। 324 নং চিত্রে যেরূপ দেখান হইয়াছে সেরূপ অভিমুখে A এবং C কুণ্ডলীদ্বয়ে সমান তড়িৎপ্রবাহ চলিতেছে। কুণ্ডলী B এবং C স্থির অবস্থায় আছে এবং A কুণ্ডলী B-এর দিকে সমগতিতে আগাইতেছে। B কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হইবে কি ? যদি না হয় তাহা হইলে যুক্তি দেখাও। যদি হয়, তাহা হইলে চিত্রে আবিষ্ট প্রবাহের অভিমুখ নির্দেশ কর।

চিত্র 324

[Three identical closed coils A, B and C are placed with their plane parallel to one another. Coils A and C carry equal currents as shown in the figure (Fig. 324). Coils B and C are fixed in position and coil A is moved towards B with uniform motion. Will a current be induced in coil B ? If no, give reasons. If yes, mark the direction of the induced current in the diagram.]

[আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1982]

610. একটি সঞ্চয়ক ব্যাটারীর দুই তড়িদ্‌দ্বারকে প্রথমে R_1 রোধবিশিষ্ট বহির্বর্তনীর দ্বারা এবং পরে R_2 রোধবিশিষ্ট বহির্বর্তনীর দ্বারা যুক্ত করা হইল। R_0-এর মান কত হইলে উক্ত দুই ক্ষেত্রেই বহির্বর্তনীতে উৎপন্ন তাপের হার সমান হইবে ?

[A storage battery is first shorted by an external circuit of resistance R_1 and then by an external circuit of resistance R_2. At what value R_0 of the internal resistance of the battery will the rates of heat liberated in the external circuit be the same in both the cases ?]

611. একটি বৈদ্যুতিক বাতিকে 10V তড়িচ্চালক বল-সম্পন্ন ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করা হইল এবং ইহাতে তড়িৎপ্রবাহের মান 0·01A হইতে দেখা গেল। যখন বাতিটিকে 220V মেইনস্‌-এর সহিত যুক্ত করা হইল তখন স্থির প্রবাহের মান হইল 0·05A। ওহ্‌মের সূত্রের এই আপাত লঙ্ঘন ব্যাখ্যা কর।

[An electric bulb is connected to a battery of electromotive force 10V and the current is found to be 0·01 A. When the bulb is connected to 220V mains, the steady current is 0·05A. Explain this apparent disagreement with Ohm's law.] [জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1980]

612. 50 W ক্ষমতাসম্পন্ন একটি বৈদ্যুতিক বাতি এবং হিটারের শ্রেণী-সমবায়কে সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত করা হইল। যদি 50 W বাতিটি 100 W বাতির দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় তাহা হইলে হিটারে উদ্ভূত শক্তি পূর্বাপেক্ষা বেশি, কম, নাকি সমান হইবে ?

[A standard 50 W eletric bulb in series with a room-heater is connected across the mains. If the 50 W bulb is replaced by 100 W bulb will the heater output be larger, smaller or remain the same ?] [আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1973]

613. একই উপাদানে তৈয়ারী দুইটি তাপক-তারকে বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইনের সহিত সমান্তরালভাবে যুক্ত করা হইল। একটি তারের দৈর্ঘ্য ও ব্যাস অন্য তারের দৈর্ঘ্য ও ব্যাসের দ্বিগুণ। কোন্ তারটিতে বেশি তাপ উৎপন্ন হইবে ?

[Two heating coils made of the same materials are connected in parallel across the mains. The length and diameter of the wire of one of the coils is double that of the other. Which one of them will produce more heat ?] [আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1973]

614. 11 পরমাণু-ক্রমাঙ্কবিশিষ্ট এবং 24 ভরসংখ্যাবিশিষ্ট মৌলের নিউক্লিয়াসে কতগুলি ইলেকট্রন, কতগুলি প্রোটন এবং কতগুলি নিউট্রন থাকে ?

[How many electrons, protons and neutrons are there in a nucleus of atomic number 11 and mass number 24 ?]

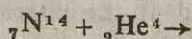
[আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1982]

615. একটি ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াস (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 92, ভরসংখ্যা 238) একটি α-কণা নিঃসৃত করে এবং সৃষ্ট দুহিতা নিউক্লিয়াস β-কণা নিঃসৃত করে। অন্তিম নিউক্লিয়াসটির পরমাণুর-ক্রমাঙ্ক এবং ভরসংখ্যা নির্ণয় কর।

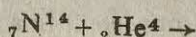
[A uranium nucleus (atomic number 92, mass number 238) emits an α-particle and the daughter nucleus formed emits a β-particle. What are the atomic number and mass number of the final nucleus ?]

[আই আই. টি অ্যাডমিশন টেস্ট, 1982]

616. (i) নিচের নিউক্লীয় বিক্রিয়ার সমীকরণটি সম্পূর্ণ কর এবং ইহার ফলাফলের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর :

$${}_7N^{14} + {}_2He^4 \rightarrow$$

(ii) ইউরেনিয়ামের রেডিও আইসোটোপ ${}_{92}U^{239}$ পর্যায়ক্রমে দুইটি β-বিঘটন ঘটাইয়া প্লুটোনিয়াম (Pu)-এর একটি আইসোটোপে রূপান্তরিত হয়। এই আইসোটোপটির পরমাণু-ক্রমাঙ্ক এবং ভরসংখ্যা নির্ধারণ কর।

[(i) Complete the following nuclear reaction and interpret the result :

$${}_7N^{14} + {}_2He^4 \rightarrow$$

(ii) The radio isotope ${}_{92}U^{239}$ of uranium undergoes two successive β-decays and transforms to an isotope of plutonium (Pu). Determine the atomic number and mass number of the new isotope.]

[জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1983]

617. দেখা যায় যে, নির্দিষ্ট সঙ্কট শক্তির ঊর্ধ্বে, একটি ফোটন একটি ডয়টেরনকে একটি নিউট্রন এবং একটি প্রোটনে ভাঙিয়া দিতে পারে। এই সঙ্কট শক্তির তাৎপর্য কী ? ইলেকট্রন-ভোল্ট এককে ইহার মান কীরূপ হইবে সে-সম্পর্কে তোমার কোন ধারণা আছে কি ?

[It is found that a photon, above a certain critical energy, can break up a deuteron into a neutron and a proton. What is the meaning of this critical energy ? Do you have any idea about its order of magnitude in electron-volts ?

[জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1982]

সমাধান

563. পৃথিবী-পৃষ্ঠ বক্রাকার বলিয়া পৃথিবী-পৃষ্ঠ হইতে একই উচ্চতা বজায় রাখিয়া যে-বিমান উত্তরদিকে উড়িতেছে উহা প্রকৃতপক্ষে বক্রাকার পথে চলিতেছে। কাজেই, এক্ষেত্রে বিমানের দ্রুতি সমান হইলেও গতির অভিমুখ বদলায় বলিয়া বিমানটি সমবেগে চলিতেছে না।

564. এক নির্দেশফ্রেমের সাপেক্ষে কোন বস্তুর বেগ থাকিলেও অন্য কোন নির্দেশফ্রেমের সাপেক্ষে উহা স্থির হইতে পারে। একটি উদাহরণ দিলে উক্তিটির তাৎপর্য

বিশ্লেষিত হইবে। পৃথিবী পৃষ্ঠের সংলগ্ন নির্দেশফ্রেমের সাপেক্ষে অনুভূমিক রেলপথে সমবেগে চলমান ট্রেনের আরোহী স্থির বেগে চলে। কিন্তু একই আরোহী ট্রেনের সহিত সংলগ্ন নির্দেশ ফ্রেমের সাপেক্ষে স্থির অবস্থায় থাকে।

565. মনে করি, মিনারের চূড়া হইতে একটি পাথরকে u বেগে উল্লম্বভাবে উপরের দিকে এবং অন্য পাথরটিকে উল্লম্বভাবে u বেগে নিচের দিকে ছোঁড়া হইল। মনে করি, ভূমি হইতে মিনারের চূড়ার উচ্চতা $=h$।

যে-বস্তুটিকে উপরের দিকে ছোঁড়া হইল উহা v_1 বেগে ভূমি স্পর্শ করিলে লেখা যায়,

$$v_1{}^2=u^2+2\times(-g)\times(-h)=u^2+2gh \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

[এক্ষেত্রে, সরণ এবং ত্বরণ উভয়ের মান ঋণাত্মক বলিয়া]

যে-বস্তুটিকে নিচের দিকে ছোঁড়া হইল উহা v_2 বেগে ভূমি স্পর্শ করিলে লেখা যায়,

$$v_2{}^2=u^2+2gh \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

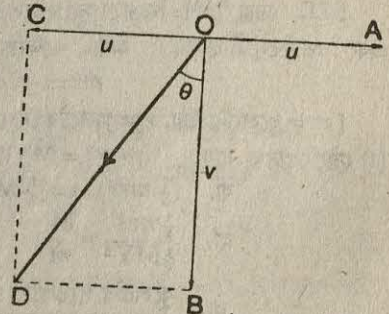
[এক্ষেত্রে, সরণ এবং ত্বরণ—উভয়ের মান ধনাত্মক বলিয়া]

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে দেখা যাইতেছে যে, v_1 এবং v_2-এর মান সমান। অর্থাৎ, দুইটি পাথরই একই বেগে ভূমি স্পর্শ করিবে।

566. সময় একমুখী, কেননা সময় নিরবচ্ছিন্নভাবে বৃদ্ধি পায়। 319 নং চিত্রে দেখান হইয়াছে যে, সময়ের অবকাশ প্রথমে বৃদ্ধি পাইয়া ইহার পর হ্রাস পাইতেছে। বাস্তবে সময়ের এইরূপ পরিবর্তন সম্ভবপর নয়।

567. অনুভূমিক অভিমুখে চলমান গাড়ির সাপেক্ষে উল্লম্বভাবে পতনশীল বারিবিন্দুর আপেক্ষিক বেগ উল্লম্বরেখার সহিত আনত হয় বলিয়া গাড়ির পাশের জানালায় বারিবিন্দুর দাগ আনত হয়। যদি বারিবিন্দুর দাগের আনতি নির্দিষ্ট হয়, অর্থাৎ বারিবিন্দুর সকল দাগের আনতি যদি সমান হয়, তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, গাড়িটি সমবেগে চলিতেছে। এই আনতি জানা থাকিলে গাড়ির স্পীডোমিটারের পাঠ হইতে গাড়ির বেগ জানিয়া লইয়া বারিবিন্দুর বেগ নির্ণয় করা যায়। নিম্নে ইহা ব্যাখ্যা করা হইল।

$\overrightarrow{OA}$ ভেক্টর দ্বারা গাড়ির বেগ u (ধরি) এবং $\overrightarrow{OB}$ রেখার দ্বারা বারিবিন্দুর বেগ v (ধরি) সূচিত করা হইল (চিত্র 325)।

$\overrightarrow{OC}$ ভেক্টরটি $\overrightarrow{OA}$ ভেক্টরের সমান এবং বিপরীতমুখী। স্পষ্টতই, $\overrightarrow{OC}$ এবং $\overrightarrow{OB}$ ভেক্টরের যোগফল গাড়ির সাপেক্ষে বারিবিন্দুর আপেক্ষিক বেগ। ইহা OCDB সামান্তরিকের কর্ণ OD দ্বারা সূচিত হয়। গাড়ির সাপেক্ষে বারিবিন্দুর আপেক্ষিক বেগ উল্লম্বরেখার সহিত θ কোণে আনত।

চিত্র 325

325 নং চিত্র হইতে লেখা যায়, $\tan\theta=\dfrac{u}{v}$

$$\text{বা,}\quad v = \frac{u}{\tan\theta} \qquad \text{(i)}$$

সুতরাং, জানালায় বারিবিন্দুর দাগ θ-এর মান জানিয়া এবং গাড়ির স্পীডোমিটারের পাঠ হইতে u-এর মান জানিয়া (i) নং সমীকরণ হইতে বারিবিন্দুর বেগ v নির্ণয় করা যায়।

568. রৈখিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে, কোন বস্তুর উপর বাহ্যিক বল ক্রিয়া না করিলে তবেই উহার রৈখিক ভরবেগ ধ্রুবক হয়। কোন বস্তু ঊর্ধ্বে উৎক্ষিপ্ত হইলে উহার উপর অভিকর্ষ-বল ক্রিয়া করে। কাজেই ইহার ভরবেগ ধ্রুবক থাকে না। উপরে উঠিবার সময় অভিকর্ষ-বল বস্তুর গতির বিপরীতদিকে ক্রিয়া করে বলিয়া বস্তুটির গতিবেগ হ্রাস পাইতে থাকে এবং একসময় বস্তুটির বেগ শূন্য হয়। ইহার পর বস্তুটি নিচের দিকে নামিতে থাকে। এই সময় অভিকর্ষ-বল বস্তুর গতির অভিমুখে ক্রিয়া করে বলিয়া বস্তুর ভরবেগ বৃদ্ধি পাইতে থাকে।

উৎক্ষিপ্ত বস্তুর ভরবেগের এই হ্রাসবৃদ্ধিতে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র লঙ্ঘিত হয় না। উৎক্ষিপ্ত বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ-বল ক্রিয়া করে বলিয়াই এক্ষেত্রে ভরবেগের পরিবর্তন ঘটে। উল্লেখ্য যে, পৃথিবী এবং উৎক্ষিপ্ত বস্তুকে একটি সংস্থা (system) হিসাবে কল্পনা করিলে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি প্রযোজ্য হইবে, কেননা এই সংস্থার উপর বাহ্যিক বলের ক্রিয়া নাই। এক্ষেত্রে, উৎক্ষিপ্ত বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তন এবং পৃথিবীর ভরবেগের পরিবর্তন পরস্পরের সমান এবং বিপরীতমুখী হইবে।

569. এক্ষেত্রে অতিরিক্ত টানের মান অসীম (∞) হইবে। 5 নং প্রশ্নের উত্তর (পৃষ্ঠা 35) অনুসরণ করিয়া ইহা প্রমাণ করা যায়।

570. ত্বরণশীল লিফ্‌টে অবস্থিত বস্তুর ওজনের পরিবর্তন ঘটে। ইহাতে স্প্রিং-তুলার পাঠের পরিবর্তন লক্ষিত হইবে। কিন্তু লিফ্‌টের ত্বরণের ফলে বস্তুর ওজনের এই পরিবর্তন সাধারণ তুলাযন্ত্রে ধরা পড়ে না। লিফ্‌টের ত্বরণের দরুন উভয় তুলাপাত্রে স্থাপিত বস্তুর ওজন একই অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। কাজেই, ওজনের এই পরিবর্তন সাধারণ তুলাযন্ত্রের পাঠকে প্রভাবিত করে না।

571. ভরবেগের নিত্যতা সূত্র হইতে বুলেট এবং রাইফেলের ভরবেগ পরস্পর সমান এবং বিপরীতমুখী হইবে। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে

$$mv = -MV \qquad \dots \quad \text{(i)}$$

[m = বুলেটের ভর, v = বুলেটের বেগ, M = রাইফেলের ভর, V = রাইফেলের বেগ]

(i) হইতে লেখা যায়, $m^2v^2 = M^2V^2$

বা, $(\frac{1}{2}.mv^2).m = (\frac{1}{2}\,MV^2).M$

বা, $\dfrac{\frac{1}{2}mv^2}{\frac{1}{2}MV^2} = \dfrac{M}{m}$

বা, $\dfrac{\text{বুলেটের গতিশক্তি}}{\text{রাইফেলের গতিশক্তি}} = \dfrac{M}{m}$

এখন, $M \gg m$ বলিয়া বুলেটের গতিশক্তি রাইফেলের গতিশক্তি অপেক্ষা অনেক বেশি হইবে।

572. দৌড়াইবার সময় প্রতিযোগীরা পায়ের সাহায্যে ভূমিতে তির্যগ্‌ভাবে বল প্রয়োগ করে। ইহার ফলে ভূমিও তাহাদের উপর বিপরীতমুখী প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে। ভূমির প্রতিক্রিয়া-বলের ক্রিয়ার ফলেই দৌড়-প্রতিযোগীর দেহের ভরবেগের পরিবর্তন ঘটে। ইহাতে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র লঙ্ঘিত হয় না, কেননা দৌড়-প্রতিযোগীদের উপর বাহ্যিক বল ক্রিয়া করে বলিয়াই তাহাদের ভরবেগের পরিবর্তন ঘটে।

573. এক্ষেত্রে স্প্রিং-তুলার পাঠ হইবে 10 kgf।

574. যখন কোন বল কোন গতিশীল বস্তুর গতিপথের সহিত লম্বভাবে ক্রিয়া করে তখন বস্তুটির বেগের মানের কোন পরিবর্তন হয় না, কেবল অভিমুখের পরিবর্তন ঘটে। কোন কোন বস্তু সমদ্রুতিতে বৃত্তপথে চলে তখন উহার উপর ক্রিয়াশীল বল সর্বদাই ইহার গতিপথের সহিত লম্বাভিমুখী হয়।

575. সেকেণ্ড-দোলকের দোলনকাল 2 s। ধরি, পৃথিবী-পৃষ্ঠে যে-দোলকের দোলনকাল 2 s আলোচ্য গ্রহ-পৃষ্ঠে উহার দোলন-কাল T s। পৃথিবী-পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান g হইলে এবং দোলকটির কার্যকর দৈর্ঘ্য l হইলে লেখা যায়,

$$2\text{ s}=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad \cdots \qquad (i)$$

আলোচ্য গ্রহে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান g' হইলে পাই,

$$T\text{s}=2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}} \qquad \cdots \qquad (ii)$$

(i) এবং (ii) হইতে লেখা যায়, $\frac{T}{2}=\sqrt{\frac{g}{g'}}$ $\qquad \cdots \qquad$ (iii)

কিন্তু, $g=\frac{GM}{R^2}$ এবং $g'=\frac{G.(2M)}{(2R)^2}$ এখানে M = পৃথিবীর ভর এবং

R = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

কাজেই, $\frac{g}{g'}=\frac{GM}{R^2}\Big/\frac{G(2M)}{(2R)^2}=2$ $\qquad \cdots \qquad$ (iv)

সমীকরণ (iii) এবং (iv) হইতে পাই, $\frac{T}{2}=\sqrt{2}$

বা, $T=2\sqrt{2}$

অর্থাৎ, আলোচ্য গ্রহে দোলকটির দোলনকাল হইবে $2\sqrt{2}$s বা প্রায় 2·83 s।

576. সম্পূর্ণ স্প্রিংটির বল ধ্রুবক K বলিয়া F বলের ক্রিয়ায় ইহার দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি x হইলে লেখা যায়,

$$F=K.x \qquad \cdots \qquad (i)$$

এই স্প্রিংটিকে তিনটি সমান অংশে ভাগ করিলে একই বল F-এর ক্রিয়ায় প্রতিটি অংশের দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি হইবে $\frac{x}{3}$। স্প্রিং-এর প্রতিটি অংশের বলধ্রুবক K′ হইলে লেখা যাইবে

$$F=K'.\frac{x}{3} \qquad \cdots \qquad (ii)$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই, $\frac{K'}{K}=3$

বা, $K'=3K$

অর্থাৎ, স্প্রিং-এর প্রতিটি অংশের বল ধ্রুবকের মান 3K-এর সমান হইবে।

577. যদি স্প্রিং-এর বল ধ্রুবক K kgf/m হয় তাহা হইলে উহার সহিত যুক্ত M kg ভরের দোলনকাল হইবে

$$T=2\pi\sqrt{\frac{M}{K}}$$

প্রশ্নানুসারে, $2s=2\pi\sqrt{\frac{M}{K}}$ ... (i)

এবং $3s=2\pi\sqrt{\frac{M+2}{K}}$ ... (ii)

(i) এবং (ii) হইতে লেখা যায়, $\frac{3}{2}=\sqrt{\frac{M+2}{M}}$

বা, $\frac{9}{4}=1+\frac{2}{M}$ বা, $M=\frac{2}{5/4}=\frac{8}{5}$ kg বা, $M=1{\cdot}6$ kg

578. আলোচ্য চাকতি, ঘনক এবং গোলক—ইহাদের প্রতিটি পিতলের তৈরি এবং ইহাদের ভর সমান। কাজেই, ইহাদের আয়তনও সমান হইবে। ইহাদিগকে জলে সম্পূর্ণভাবে নিমজ্জিত করিলে ইহারা প্রত্যেকেই সমান আয়তন জল অপসারিত করিবে। সুতরাং, প্রতিটির উপর একই প্লবতা ক্রিয়া করিবে।

579. 214 নং প্রশ্নের উত্তরটি দেখ। এক্ষেত্রে রবারের ঘনত্ব

$$\sigma=\frac{m}{4\pi R^3}$$

কাজেই, এক্ষেত্রে নির্ণেয় উচ্চতা, $h_0=\left(\frac{\rho-\sigma}{\sigma}\right).h$

$$=\left(\frac{\rho}{\sigma}-1\right).h$$

$$=\left(\frac{4\pi R^3\rho}{m}-1\right)h$$

এখানে ρ হইল জলের ঘনত্ব।

বিকল্প সমাধান : শক্তির সংরক্ষণ সূত্র হইতেও এই প্রশ্নটির সমাধান পাওয়া যায়। রবারের বলটি h গভীরতা হইতে জলপৃষ্ঠে উঠিয়া আসিলে কার্যত সম-আয়তন জল h উচ্চতা নামিয়া যায়। সুতরাং, বলটি জলের পৃষ্ঠে উঠিয়া আসিলে সংস্থার স্থিতিশক্তির হ্রাস ঘটে।

জল ও রবারের স্থিতিশক্তির হ্রাস

= জলের স্থিতিশক্তির হ্রাস − বলটির স্থিতিশক্তির বৃদ্ধি

$=(\frac{4}{3}\pi R^3\rho gh-mgh)$

স্থিতিশক্তির এই হ্রাস বলটির গতিশক্তির বৃদ্ধির সমান হইবে। এই গতিশক্তির ফলেই বলটি জলপৃষ্ঠ হইতে কিছুটা উপরে উঠিবে। মনে করি, বলটি জলপৃষ্ঠ হইতে x উচ্চতা উপরে উঠে। তাহা হইলে লেখা যাইবে,

$$mgx = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho gh - mgh$$

$$\text{বা, } x = \left(\frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{m} - 1 \right) h$$

580. ছিদ্রযুক্ত পাত্রটিকে ডুবাইতে অপেক্ষাকৃত কম কার্য করিতে হইবে। মনে করি, পাত্রদ্বয়ের আয়তন V। ছিদ্রহীন পাত্রটিকে জলে সম্পূর্ণভাবে নিমজ্জিত করিলে উহার উপর যে-প্লবতা ক্রিয়া করে উহার মান Vdg হইবে (d=জলের ঘনত্ব এবং g=অভিকর্ষজ ত্বরণ)। কিন্তু ছিদ্রযুক্ত পাত্রটিকে জলে নিমজ্জিত করিলে ঐ পাত্রে জল প্রবেশ করে এবং উহাতে আবদ্ধ বায়ু সঙ্কুচিত হয়। ইহার ফলে ঐ পাত্রের দ্বারা অপসারিত জলের আয়তন হ্রাস পায়। কাজেই, ছিদ্রযুক্ত পাত্রটিকে জলের নিচে লইয়া যাইবার সময় অপেক্ষাকৃত কম মানের প্লবতার বিরুদ্ধে পাত্রটিকে নামাইতে হয়। সুতরাং, ছিদ্রযুক্ত পাত্রের ক্ষেত্রেই কৃত কার্যের পরিমাণ কম হয়।

581. পারদপাত্রে ক্রিয়াশীল বায়ুচাপই ব্যারোমিটার নলের পারদকে বিধৃত রাখে। পাত্রের পারদের উপরিস্থ বায়ুর চাপ হ্রাস পাইতে থাকিলে নলের পারদ নামিতে থাকিবে। কাজেই, সীল-করা বোতল হইতে পার্শ্বনল দিয়া বায়ু বাহির করিয়া লইতে থাকিলে ব্যারোমিটার নলের পারদস্তম্ভের উচ্চতা হ্রাস পাইতে থাকিবে। সীল-করা বোতলটি বায়ু-শূন্য হইয়া গেলে ব্যারোমিটার নলের পারদ সম্পূর্ণভাবে বোতলে নামিয়া আসিবে ; অর্থাৎ, পারদপাত্রের পারদতল এবং ব্যারোমিটারের পারদতল একই লেভেলে চলিয়া আসিবে। পার্শ্বনল দিয়া সীল-করা বোতলে আবার বায়ু প্রবেশ করাইলে পারদ আবার ব্যারোমিটার নল বাহিয়া উপরে উঠিয়া যাইবে।

582. (i) পর্বতশীর্ষে বায়ুচাপ কম বলিয়া কোন ফর্টিন ব্যারোমিটারকে পর্বতশীর্ষে লইয়া গেলে উহার পাঠ কমিয়া যাইবে।

(ii) ব্যারোমিটার নলের পারদের উপর এক ফোঁটা জল প্রবেশ করাইলে ঐ জল বাষ্পে পরিণত হইবে এবং উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের চাপে ব্যারোমিটার নলের পারদ কিছুটা নামিয়া আসিবে।

583. সমুদ্রতীরে বায়ুমণ্ডল যে-চাপ প্রয়োগ করে পর্বত-শীর্ষে বায়ুমণ্ডলের চাপ তদপেক্ষা কম হয়, কেননা পর্বতশীর্ষে বায়ুস্তম্ভের কার্যকর উচ্চতা অপেক্ষাকৃত কম হয়। কাজেই, সমুদ্র-উপকূলবর্তী পুরীতে ব্যারোমিটারের যে-পাঠ পাওয়া যাইবে পর্বতশীর্ষে অবস্থিত দার্জিলিং-এ ব্যারোমিটারের পাঠ তদপেক্ষা কম হইবে।

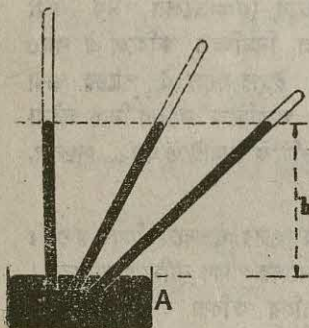
584. (i) পারদপাত্রে পারদ ঢালিলেও পারদনলে পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্যের কোন তারতম্য হয় না। এক্ষেত্রে পারদ ঢালার ফলে পারদ পাত্রে পারদের উপরিপৃষ্ঠ যতটা উঠিবে ব্যারোমিটার নলে পারদস্তম্ভ ঠিক ততটাই উঠিবে যাহাতে পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকে।

(ii) পারদ পাত্র হইতে কিছুটা পারদ তুলিয়া লইলেও ব্যারোমিটার নলে পারদ-

স্তম্ভের দৈর্ঘ্যের কোন তারতম্য হইবে না। এক্ষেত্রে পারদ পাত্রের পারদতল যতটা নামিবে ব্যারোমিটার নলের পারদতলও ঠিক ততটা নামিবে যাহাতে নলের পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকে। [243 নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য]

(iii) ব্যারোমিটার নলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা নলের প্রস্থচ্ছেদের ব্যাসের উপর নির্ভর করে না। বায়ুমণ্ডলীয় চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে নলের প্রস্থচ্ছেদ যাহাই হউক না কেন ব্যারোমিটার নলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা অপরিবর্তিত থাকে। অবশ্য, নলের ব্যাস খুব কম হইলে কৈশিক ক্রিয়ার (capillary action) প্রভাবে পারদস্তম্ভের উচ্চতার সামান্য পরিবর্তন হইবে।

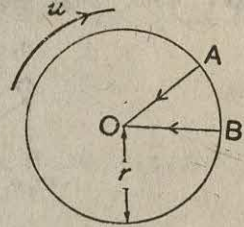
চিত্র 326

(iv) ব্যারোমিটার নলটিকে উল্লম্ব রেখার সহিত আনতভাবে ধরিলে ব্যারোমিটার নলে কিছুটা পারদ প্রবেশ করিবে যাহাকে ব্যারোমিটার নলের পারদ-স্তম্ভের উল্লম্ব উচ্চতা (h) সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে (চিত্র 326)। কাজেই, নলটিকে যত বেশি কাত করা হইবে উহাতে তত বেশি পারদ প্রবেশ করিবে যাহাতে উল্লম্ব উচ্চতা অপরিবর্তিত থাকে।

(v) ব্যারোমিটার নলটিকে উল্লম্ব অবস্থায় ধরিয়া পারদপাত্রের মধ্যে ধীরে ধীরে ঠেলিয়া দিলে ব্যারোমিটার নলে পারদস্তম্ভের উচ্চতার কোন পরিবর্তন হইবে না, কেবলমাত্র নলের পারদস্তম্ভের উপরের টরিসেলীর শূন্যস্থানটির দৈর্ঘ্য হ্রাস পাইতে থাকিবে।

585. কেরোসিন তেলের ঘনত্ব জলের ঘনত্ব অপেক্ষা কম। কাজেই, কেরোসিনের উপর জল ঢালিলে জল নিচে চলিয়া যায় এবং কেরোসিন উপরে ভাসিয়া উঠে। এই জন্য জলন্ত কেরোসিনে জল ঢালিলেও জলের উপরে ভাসমান কেরোসিন জ্বলিতে থাকে।

586. দুইটি বস্তুকে পৃথিবী হইতে চাঁদে লইয়া গেলে উহাদের মধ্যে ঘর্ষণ-গুণাঙ্কের কোন পরিবর্তন হয় না, কেননা দুইটি পদার্থের মধ্যবর্তী ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক পদার্থদ্বয়ের প্রকৃতি এবং ইহাদের স্পর্শতলের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। চাঁদে লইয়া গেলে বস্তুদ্বয়ের ওজন হ্রাসের ফলে উহাদের মধ্যে ক্রিয়াশীল লম্ব-প্রতিক্রিয়ার মান বদলাইতে পারে। সেক্ষেত্রে ঘর্ষণ-বলও পরিবর্তিত হয় ; কিন্তু ঘর্ষণ-বল এবং লম্ব প্রতিক্রিয়ার অনুপাত (বা, ঘর্ষণ-গুণাঙ্ক) অপরিবর্তিত থাকে।

587 যখন একটি বিন্দুভর সমদ্রুতি লইয়া বৃত্তপথে পরিভ্রমণ করে তখন উহার ত্বরণের মান অপরিবর্তিত থাকে ; কিন্তু ত্বরণের অভিমুখ সর্বদা পরিবর্তিত হয়। 327 নং চিত্রে বৃত্তপথে সমদ্রুতিতে ভ্রাম্যমান একটি বিন্দুভর দেখান হইয়াছে। বৃত্তপথের ব্যাসার্ধ r হইলে এবং বিন্দুভরটির দ্রুতি u হইলে বিন্দুভরটির ত্বরণের মান সর্বদা $\frac{u^2}{r}$ হইবে। কিন্তু ইহার ত্বরণের অভিমুখ প্রতিমুহূর্তে পরিবর্তিত হয়। A বিন্দুতে বস্তুকণার

ত্বরণ $\overrightarrow{AO}$ অভিমুখে ক্রিয়াশীল এবং B বিন্দুতে বস্তুকণার ত্বরণ $\overrightarrow{BO}$ অভিমুখে ক্রিয়াশীল। ত্বরণ একটি ভেক্টর রাশি। কাজেই ত্বরণের অভিমুখের পরিবর্তনও ত্বরণের পরিবর্তন সূচিত করে। কাজেই দেখা যাইতেছে যে, যখন একটি বিন্দুভর সমদ্রুতিতে বৃত্তপথে পরিভ্রমণ করে তখন ইহার ত্বরণ সর্বদা পরিবর্তিত হইতে থাকে।

চিত্র 327

588. কোন বস্তু তখনই সাম্যে থাকিবে যখন নিম্নের শর্ত দুইটি পালিত হইবে।

প্রথম শর্ত : বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল সকল বলের ভেক্টর যোগফল বা লব্ধি শূন্য হইতে হইবে। এই শর্তটিকে 'চলনগতির সাম্যের শর্ত' (condition of translational equilibrium) বলা হয়।

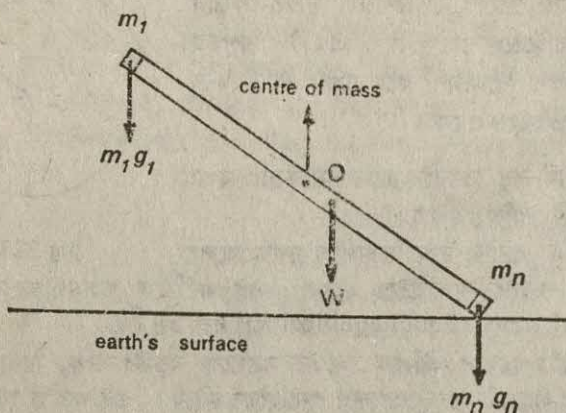
দ্বিতীয় শর্ত : কোন ঐচ্ছিক অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল সকল বলের ভ্রামকের বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য হইতে হইবে। এই শর্তকে বস্তুটির 'বৃত্তীয় গতির সাম্য' (condition of rotational equilibrium) বলা হয়।

কাজেই, কোন বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বলগুলির লব্ধি শূন্য হইলেই বস্তুটি সাম্যে থাকিবে না ; সেই সঙ্গে কোন ঐচ্ছিক অক্ষের সাপেক্ষে ঐ বলগুলির ভ্রামকের বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য হইলে তবেই বস্তুটি সাম্যে থাকিবে।

589. কোন বস্তুতে যতগুলি কণা আছে উহাদের প্রত্যেকের উপর উহাদের ভরের সমানুপাতিক সমান্তরাল বল সক্রিয় রহিয়াছে বলিয়া কল্পনা করিলে ঐ বলশ্রেণীর লব্ধি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুর মধ্য দিয়া যাইবে। ইহাই বস্তুটির ভরকেন্দ্র (centre of mass)। আর, কোন বস্তুর কণাগুলির উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ বলগুলির লব্ধি যে-বিন্দু দিয়া ক্রিয়া করে তাহাকে ঐ বস্তুর ভারকেন্দ্র বা অভিকর্ষ-কেন্দ্র (centre of gravity) বলা হয়। কোন বস্তুর আয়তন বা দৈর্ঘ্য খুব বড় না হইলে উহার প্রতিটি কণার উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ-বল উহাদের ভরের সমানুপাতিক (কেননা, বস্তুটির পরিসরে অভিকর্ষজ ত্বরণ g-এর মান ধ্রুবক—এইরূপ ধরা যায়) এবং বস্তুর প্রতিটি কণার উপর ক্রিয়াশীল অভিকেন্দ্র বল পরস্পরের সমান্তরাল হয়। কাজেই এক্ষেত্রে বস্তুর ভরকেন্দ্র এবং ভারকেন্দ্র পরস্পর সমাপতিত হয়। অর্থাৎ, কোন বস্তু সুষম অভিকর্ষ-ক্ষেত্রে থাকিলে উহার ভরকেন্দ্র এবং ভারকেন্দ্র অভিন্ন বিন্দু হইবে।

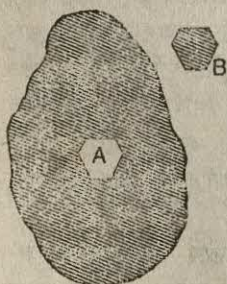
কিন্তু যদি কোন বস্তুর আকার বা আয়তন অতি বৃহৎ হয় তবে উহার সকল অংশ অভিকর্ষজ ক্ষেত্রের প্রাবল্যের মান এবং অভিমুখ এক নাও হইতে পারে। এইরূপ হইলে ভরকেন্দ্র এবং ভারকেন্দ্র সমাপতিত হয় না। নিম্নের উদাহরণ হইতে উক্তিটি স্পষ্ট হইবে।

কয়েক কিলোমিটার লম্বা একটি সুষম দণ্ড কল্পনা করা হইল। ধরি দণ্ডটিকে উল্লম্ব অভিমুখের সহিত কিছুটা কাত করিয়া রাখা হইয়াছে (চিত্র 328)। উচ্চতার সহিত g-এর মান পরিবর্তিত হয় বলিয়া দণ্ডটির সর্বোচ্চ প্রান্তে এবং সর্বনিম্ন প্রান্তে ইহার মান

সমান থাকে না। ধরি, সর্বোচ্চ প্রান্তের m_1 ভরবিশিষ্ট কণার উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ-বল m_1g_1 এবং সর্বনিম্ন প্রান্তের m_n ভরবিশিষ্ট কণার উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ বল m_ng_n। দণ্ডটির নিচের অর্ধাংশে g-এর মান বেশি বলিয়া উহার সকল কণার উপর

চিত্র 328

ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ-বলের লব্ধি $W = \Sigma m_ig_i$ দণ্ডটির মধ্যবিন্দু দিয়া না গিয়া স্পষ্টতই উহার কিছুটা নিচে বিদ্যমান কোন বিন্দু O দিয়া যাইবে। অর্থাৎ, এইরূপ বস্তুর ক্ষেত্রে ভরকেন্দ্র এবং ভারকেন্দ্র অভিন্ন হইবে না।

590. একই উপাদানে গঠিত একই বহিরায়তনবিশিষ্ট দুইটি বস্তুর মধ্যে একটি নিরেট এবং অন্যটি ফাঁপা হইলেও উহাদের উষ্ণতাজনিত প্রসারণের কোন পার্থক্য হইবে না। নিম্নের যুক্তিধারা হইতে ইহা বোঝা যায়।

কোন কঠিন পদার্থের তৈরি একটি পাতের উষ্ণতাজনিত প্রসারণ বিবেচনা করা যাক। মনে করি, ঐ পাতটিতে একটি ছিদ্র আছে। চিত্রে উহাকে A দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে (চিত্র 329)। B হইল একই পদার্থের তৈরি একটি প্লাগ। একই উষ্ণতায় এই প্লাগটির মাপ এবং আলোচ্য পাতের ছিদ্র A-এর মাপ অভিন্ন ধরা যাক, যাহাতে B প্লাগটিকে A ছিদ্রে লাগাইয়া দিলে ছিদ্রটি পুরোপুরি ভরাট হইয়া যায় এবং পাতটি ছিদ্রহীন পাতের তুল্য হয়।

চিত্র 329

ছিদ্রযুক্ত পাতটিকে উত্তপ্ত করা হইলে ইহা প্রসারিত হয়, সেই সঙ্গে ছিদ্রটিও প্রসারিত হয়। এইবার মনে করা যায় যে, B প্লাগটি ছিদ্রে বসান আছে। সেক্ষেত্রে পাতটি ছিদ্রহীন পাতের মতই প্রসারিত হইবে এবং সকল উষ্ণতাতেই ছিদ্রটি ভরাট থাকিবে। ইহার অর্থ এই যে, সকল উষ্ণতাবৃদ্ধিতেই ছিদ্রটির উষ্ণতাজনিত প্রসারণ প্লাগটির প্রসারণের সমান হয়। পাতটি যে-কোন উষ্ণতাতেই থাকুক না কেন, সকল ক্ষেত্রেই প্লাগটি ছিদ্রের মধ্যে মাপে-মাপে বসে এবং ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, প্লাগটি ছিদ্রে

বসান থাকুক বা না থাকুক পাতের অবশিষ্টাংশের প্রসারণে কোন পার্থক্য হয় না। ছিদ্রযুক্ত ত্রিমাত্রিক বস্তুর ক্ষেত্রেও এই সিদ্ধান্ত প্রযোজ্য।

591. তরলের প্রসারণ এবং পাত্রের প্রসারণ অভিন্ন হইলে তবেই তরলের লেভেল অভিন্ন থাকে। মনে করি, পাত্রে গৃহীত তরলের আয়তন V এবং ইহার প্রকৃত আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক γ। প্রশ্নানুসারে, পাত্রটির উপাদানের রৈখিক প্রসারণ গুণাঙ্ক α। এখন, উষ্ণতাজনিত প্রসারণ θ হইলে লেখা যায়,

পাত্রের প্রসারণ $= V \times (3\alpha) \times \theta$ ... (i)

অনুরূপভাবে, তরলের প্রসারণ $= V \times \gamma \times \theta$ ... (ii)

এক্ষেত্রে পাত্রের প্রসারণ এবং তরলের প্রসারণ সমান বলিয়া (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$V\gamma\theta = V \times (3\alpha) \times \theta$$

বা, $\gamma = 3\alpha$

592. কোন গ্যাস প্রসারিত হইলে বহিঃস্থ চাপের বিরুদ্ধে উহাকে বাহ্যিক কার্য (external work) করিতে হয়। ইহাতে যে-শক্তি ব্যয়িত হয় গ্যাসে সরবরাহিত তাপ সেই শক্তি যোগায়। তাপ সরবরাহিত না হইলে উক্ত বাহ্যিক কার্য করিতে গ্যাসের আভ্যন্তরীণ শক্তি (internal energy) ব্যয়িত হইত। ইহাতে গ্যাসের উষ্ণতা হ্রাস পাইত।

593. হ্যাঁ, শিশিরাঙ্কের মান 0°C অপেক্ষা কমও হইতে পারে। রেনোঁর তালিকা (Regnault's table) হইতে দেখা যাইবে যে, 0°C উষ্ণতায় জলের সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ 4·6 mmHg। 0°C উষ্ণতায় প্রতি আয়তন বায়ুতে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকিলে তবেই উহা বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হইতে পারে অর্থাৎ বাষ্পচাপ 4·6 mmHg হইতে পারে। বায়ুতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্প তদপেক্ষা কম হইলে 0°C উষ্ণতায় বায়ু জলীয় বাষ্প দ্বারা অসম্পৃক্ত থাকিতে পারে। এইরূপ ক্ষেত্রে, বায়ুর উষ্ণতাকে 0°C অপেক্ষা না নামাইলে বায়ু জলীয় বাষ্পের দ্বারা সম্পৃক্ত হয় না।

594. দু'জনের মধ্যে যে-ব্যক্তি প্রথমেই চায়ের কাপে ঠাণ্ডা দুধ ঢালিয়া তৃতীয় ব্যক্তির জন্য অপেক্ষা করে তাহার চা-ই অপেক্ষাকৃত বেশি উষ্ণ থাকে। নিম্নে ইহা ব্যাখ্যা করা হইল।

নিউটনের শীতলীভবন সূত্র (Newton's law of cooling) হইতে আমরা জানি যে পারিপার্শ্বিক বস্তুর উষ্ণতার সহিত বস্তুর উষ্ণতার পার্থক্য যত বেশি হয় ঐ বস্তুর তাপক্ষয়ের হারও তত বেশি হয়। যে-ব্যক্তি প্রথমেই তাহার চায়ের কাপে ঠাণ্ডা দুধ ঢালে তাহার চায়ের উষ্ণতা হ্রাস পায় ইহাতে তাহার কাপ হইতে তাপক্ষয়ের হারও হ্রাস পায়। যে-ব্যক্তি চায়ে দুধ না ঢালিয়া অপেক্ষা করে তাহার চায়ের উষ্ণতা অধিক থাকে বলিয়া তাহার কাপ হইতে তাপক্ষয়ের হারও বেশি হয়। ফলে তাহার কাপের চা-ই তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা হয়।

595. 344 নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

596. ব্যারোমিটারের পাঠ শূন্য হইবে। ইহার কারণ এই যে, ব্যারোমিটার নলের 100°C উষ্ণতাবিশিষ্ট সম্পৃক্ত বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান হইবে।

597. স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্কে কোন তরলের বাষ্পচাপ প্রমাণ চাপ (76 cmHg)-এর সমান হয়। কোহলের স্ফুটনাঙ্ক 78°C বলিয়া 78°C উষ্ণতায় কোহলের সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ 76 cmHg হইবে।

598. আপেক্ষিক আর্দ্রতা কেবল বায়ুতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্পের পরিমাণের উপরই নির্ভর করে না, উষ্ণতার উপরও নির্ভর করে। উষ্ণতা স্থির রাখিয়া পরম উষ্ণতা (বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ) বাড়াইলে আপেক্ষিক আর্দ্রতাও বাড়ে। কিন্তু উষ্ণতা যদি যথেষ্ট পরিমাণে বাড়ে তবে পরম আর্দ্রতা হ্রাস পাইতে পারে।

599. দুই পাত্রের বায়ুর তাপগ্রাহিতা সমান বলিয়া উহারা পরস্পর মিশ্রিত হইলে উহাদের উষ্ণতা হইবে $\frac{1}{2}(10+20)$°C বা 15°C। সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ উষ্ণতার সমানুপাতিক বলিয়া 15°C উষ্ণতায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ হইবে $\frac{1}{2}(9+17)$ mmHg বা 13 mmHg। 10°C, 15°C এবং 20°C উষ্ণতায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে 9 mmHg, 13 mmHg এবং 17 mmHg বলিয়া ঐ সকল উষ্ণতায় পরম আর্দ্রতা যথাক্রমে 9K g/m^3, 13K g/m^3 এবং 17K g/m^3 হইবে ; এখানে K হইল সমানুপাত ধ্রুবক।

কাজেই, দুই পাত্রের বায়ুর মিশ্রণে উৎপন্ন 15°C উষ্ণতার $2m^3$ বায়ুতে অতিরিক্ত জলীয় বাষ্প $=(9K+17K-2\times13K)\ g=0\ g$

কাজেই, আলোচ্য মিশ্রণের ফলে কোন শিশির জমিবে না।

600. কোন গ্যাসে শব্দের বেগ (V)-এর মান নিম্নের সমীকরণ হইতে পাওয়া যায় ঃ

$$V=\sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} \quad \cdots \quad (i)$$

এখানে γ= স্থির চাপে গ্যাসের আপেক্ষিক তাপ (C_p) এবং স্থির আয়তনে গ্যাসের আপেক্ষিক তাপ (C_v)-এর অনুপাত ; P= গ্যাসের চাপ এবং ρ= গ্যাসের ঘনত্ব।

উষ্ণতা স্থির রাখিয়া কোন গ্যাসের তাপের পরিবর্তন ঘটিলে বয়েলের সূত্রানুসারে P এবং ρ-এর অনুপাত ধ্রুবক হইবে ঃ

$$\frac{P}{\rho}= \text{ধ্রুবক।}$$

সমীকরণ (i) হইতে দেখা যাইতেছে যে, (P/ρ)-এর মান ধ্রুবক থাকিলে কোন গ্যাসে শব্দের বেগ ধ্রুবক হইবে, কেননা নির্দিষ্ট গ্যাসের ক্ষেত্রে γ একটি ধ্রুবক।

কাজেই, উষ্ণতা স্থির রাখিয়া গ্যাসের চাপ 76 cmHg হইতে বাড়িয়া 100 cmHg হইলে বায়ুপূর্ণ নলে শব্দের বেগের কোন পরিবর্তন হইবে না। অর্থাৎ, 20°C উষ্ণতায় এবং 100 cmHg চাপেও বায়ুপূর্ণ নলে শব্দের বেগ 330 m/s হইবে।

601. শর্তানুসারে, প্রতিফলিত রশ্মি এবং প্রতিসৃত রশ্মির মধ্যবর্তী কোণ 90° বলিয়া 330 নং চিত্র হইতে পাই,

$$i+90^\circ+r=180^\circ$$

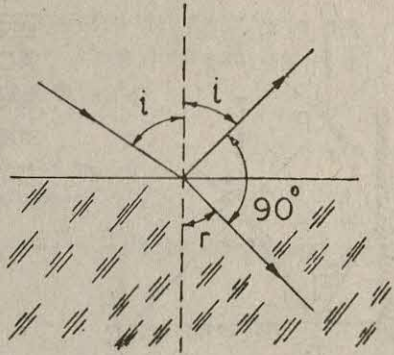
$$\text{বা,}\quad r=(90^\circ-i) \quad \cdots \quad (i)$$

কাচের প্রতিসরাঙ্ক n বলিয়া লেখা যায়,

$$n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\sin i}{\sin(90°-i)} \quad [(i) \text{ হইতে }]$$

বা, $n=\frac{\sin i}{\cos i}=\tan i$

বা, $i=\tan^{-1} n$

অর্থাৎ, আপতন কোণের মান $\tan^{-1}n$ হইলে প্রতিফলিত রশ্মি এবং প্রতিসৃত রশ্মির মধ্যবর্তী কোণ 90° হইবে।

চিত্র 330

বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ এই কোণটির একটি বিশেষ তাৎপর্য আছে। কোন আলোক-রশ্মি যখন কোন স্বচ্ছ মাধ্যমের উপর $\tan^{-1}n$ কোণে আপতিত হয় তখন প্রতিফলিত রশ্মিটি সম্পূর্ণভাবে সমবর্তিত (polarised) হয়। এই কোণকে **ব্রুস্টারের কোণ** (Brewster's angle) বলা হয়।

602. জলপৃষ্ঠ হইতে বিন্দু-উৎসটির উচ্চতা h। এই উৎস হইতে নিঃসৃত রশ্মিগুচ্ছ জলে প্রবেশ করিয়া প্রতিসৃত হইবে। এই প্রতিসৃত রশ্মিগুচ্ছ বিন্দু-উৎসের অবস্থান হইতে কিছুটা উপরে অবস্থিত কোন বিন্দু হইতে আসিতেছে বলিয়া মনে হইবে। অর্থাৎ, জলের সাপেক্ষে আলোর বিন্দু-উৎসটির অবস্থানের 'আপাত উন্নতি' ঘটিবে।

আমরা জানি যে,

$$\frac{\text{জলপৃষ্ঠ হইতে বিন্দু-উৎসের আপাত উচ্চতা}}{\text{জলপৃষ্ঠ হইতে বিন্দু-উৎসের প্রকৃত উচ্চতা } (h)}=\text{জলের প্রতিসরাঙ্ক}=\frac{4}{3}$$

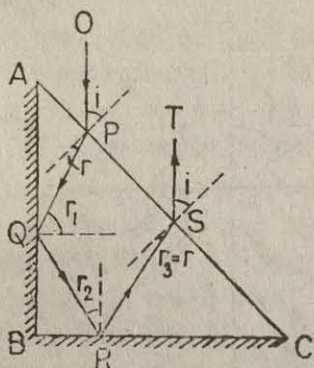
বা, জলপৃষ্ঠ হইতে বিন্দু-উৎসটির আপাত উচ্চতা $=\frac{4}{3}h$

সুতরাং, পাত্রের তলদেশের সাপেক্ষে বিন্দু-উৎসের আপাত অবস্থানের দূরত্ব $=(d+\frac{4}{3}h)$

কাজেই, পাত্রের তলদেশে প্রতিফলনের ফলে যে অসদ্‌বিম্বটি গঠিত হইবে পাত্রের তলদেশ হইতে উহার দূরত্ব হইবে $(d+\frac{4}{3}h)$। এই প্রতিবিম্বটি পাত্রের তলদেশের নিচে অবস্থিত হইবে।

603. চোখের রেটিনাতে যখন কোন নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের আলো পড়ে তখন আমাদের চোখে একটি নির্দিষ্ট বর্ণের অনুভূতি জন্মে। কম্পাঙ্কের মান নির্দিষ্ট থাকিলে বর্ণানুভূতির কোন পরিবর্তন ঘটে না। যখন কোন আলোক-তরঙ্গ এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন উহার তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পরিবর্তন হইলেও উহার কম্পাঙ্কের কোন পার্থক্য হয় না। বায়ু হইতে জলে প্রবেশ করিবার ফলে আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য বদলাইলেও উহার কম্পাঙ্কের কোন হেরফের হয় না। কাজেই জলের নিচে ডুবুরী তাহার চারিপার্শ্বের বস্তুগুলিকে স্বাভাবিক বর্ণেই দেখিতে পায়।

604. মনে করি, একটি আলোক-রশ্মি ABC সমকোণী সমদ্বিবাহু প্রিজ্‌মের অতিভুজ পৃষ্ঠ AC-এর উপর Q বিন্দুতে i কোণে আপতিত হইল এবং প্রতিসরণের পর

PQ পথে গিয়া প্রতিফলক প্রলেপযুক্ত পৃষ্ঠ AB-এর উপর Q বিন্দুতে আপতিত হইল। Q বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া রশ্মিটি প্রিজ্‌মের অপর প্রতিফলক প্রলেপযুক্ত পৃষ্ঠ BC-এর R বিন্দুতে আপতিত হইবে এবং ঐ বিন্দু হইতে প্রতিফলিত হইয়া প্রিজ্‌মের অতিভুজ পৃষ্ঠ AC-এর S বিন্দুতে গিয়া পড়ে এবং ঐ স্থানে প্রতিসৃত হইয়া ST পথে নির্গত হয়। প্রমাণ করিতে হইবে যে, নিষ্ক্রান্ত রশ্মি ST এবং আপতিত রশ্মি OP পরস্পর সমান্তরাল।

চিত্র 331

মনে করি, P বিন্দুতে প্রতিসরণ কোণ $=r$

$\triangle$ AQP হইতে লেখা যায়,

$$\angle AQP + QAP + (90° + r) = 180°$$

বা, $\angle AQP + 45° + 90° + r = 180°$ $[\because QAP = 45°]$

বা, $\angle AQP = (45° - r)$ ... (i)

Q বিন্দুতে আপতন কোণ এবং প্রতিফলন কোণ পরস্পর সমান বলিয়া লেখা যায়,

$$\angle BQR = \angle AQP = 45° - r$$

বা, $\angle QRB = 90° - \angle BQR = 90° - (45° - r) = (45° + r)$ ... (ii)

আবার, R বিন্দুতে আপতন কোণ এবং প্রতিফলন কোণ সমান বলিয়া

$$\angle CRS = \angle QRB = 45° + r \quad \text{... (iii)}$$

$\triangle$ RSC হইতে লেখা যায়,

$$\angle RSC + \angle SCR + \angle CRS = 180°$$

বা, $\angle RSC + 45° + \angle CRS = 180°$ $[\because \angle ACB = 45°]$

বা, $\angle RSC + 45° + (45° + r) = 180°$ [(iii) হইতে]

বা, $\angle RSC = 90° - r$

কাজেই, S বিন্দুতে আলোক-রশ্মির আপতন কোণ

$$r_3 = 90° - \angle RSC = 90° - (90° - r) = r$$

আলোক-রশ্মিটি বায়ু হইতে আসিয়া P বিন্দুতে i কোণে প্রিজ্‌মের AC তলে আপতিত হইয়া প্রতিসরণের পর r কোণে প্রিজ্‌মে প্রবেশ করিয়াছে। কাজেই প্রিজ্‌মের মধ্য দিয়া আসিয়া r কোণে AC তলের S বিন্দুতে আপতিত হইলে প্রতিসরণের পর উহা অভিলম্বের সহিত i কোণে বাহির হইয়া আসিবে। সুতরাং, আপতিত-রশ্মি OP এবং নিষ্ক্রান্ত রশ্মি ST পরস্পর সমান্তরাল হইবে।

605. 'উত্তম' শব্দটি দেখিতে হইলে সবুজ কাচটি ব্যবহার করিতে হইবে। এক্ষেত্রে 'উত্তম' শব্দটি সবুজ প্রেক্ষাপটের উপর কালো অক্ষরে ফুটিয়া উঠিবে, কারণ ঐ শব্দের লাল রঙ সবুজ কাচে শোষিত হইয়া যাইবে।

লাল কাচের মধ্য দিয়া দেখিলে লাল অক্ষরগুলি লাল থাকিবে। কিন্তু সাদা

কাগজটিকেও লাল দেখাইবে। কাজেই, লাল প্রেক্ষাপটে লাল রঙের 'উত্তম' শব্দটি দেখা যাইবে না।

606. যখন কোন আলোক-রশ্মি এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন উহার কম্পাঙ্কের কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু বিভিন্ন মাধ্যমে কোন একবর্ণী আলোর বেগ বিভিন্ন বলিয়া মাধ্যমভেদে উহার তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিভিন্ন হয়।

কোন মাধ্যমের পরম প্রতিসরাঙ্ক,

$$n=\frac{\text{শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ } (c)}{\text{আলোচ্য মাধ্যমে আলোর বেগ } (v)} \quad \ldots \quad \text{(i)}$$

শূন্য মাধ্যমে ν কম্পাঙ্কের একবর্ণী আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ_0 হইলে এবং আলোচ্য মাধ্যমে উহার তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য λ হইলে লেখা যায়,

$$c=\nu\lambda_0$$
$$v=\nu\lambda$$

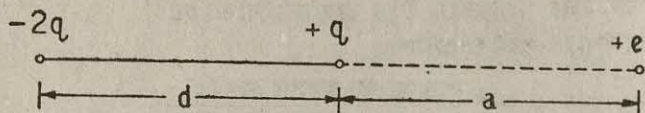
(i) নং সমীকরণে c এবং v-এর এই মান বসাইয়া পাই,

$$n=\frac{\nu\lambda_0}{\nu\lambda}=\frac{\lambda_0}{\lambda}$$

কাজেই, শূন্য মাধ্যম এবং অন্য কোন মাধ্যমের বিভেদতলে কোন একবর্ণী আলো আপতিত হইলে আপতিত আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য (λ_0) এবং প্রতিসৃত আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য (λ)-এর অনুপাত উক্ত মাধ্যমের পরম প্রতিসরাঙ্কের সমান হয়।

607. কোন লক্ষ্যবস্তু হইতে আগত আলো চোখের উত্তল কর্ণিয়ার উপর পড়িলে ঐ আলো প্রতিসৃত হইয়া চোখের রেটিনায় প্রতিবিম্ব গঠন করে। অক্ষি-লেন্স এই প্রতিবিম্ব গঠনে সহায়তা করে। কর্ণিয়ার বহিঃপৃষ্ঠ বায়ুর সংস্পর্শে থাকিলে চোখের কর্ণিয়ায় আলোর প্রতিসরণ ঘটে এবং ইহাতে লক্ষ্যবস্তু হইতে আগত আলোর অভিসরণ (convergence) ঘটে, কিন্তু কর্ণিয়ার বহিঃপৃষ্ঠ জলের সংস্পর্শে থাকিলে চোখের কর্ণিয়ায় প্রতিসরণজনিত অভিসরণ ঘটে না। ইহার কারণ এই যে, চোখের আভ্যন্তরীণ তরলের (অ্যাকোয়াস হিউমার, ভিট্রিয়াস হিউমার ইত্যাদি) প্রতিসরাঙ্কের মান জলের প্রতিসরাঙ্কের খুব কাছাকাছি। এইজন্য কর্ণিয়ার বহিঃপৃষ্ঠে জল থাকিলে কর্ণিয়ায় কার্যত কোন প্রতিসরণ ঘটিবে না, ফলে রেটিনায় কোন বস্তুর সুস্পষ্ট প্রতিবিম্ব গঠিত হয় না। এই জন্য মুখোশহীন ডুবুরী জলে নিমজ্জিত অবস্থায় উহার চারিপার্শ্বের বস্তুনিচয় সুস্পষ্টভাবে দেখিতে পারে না। কিন্তু মুখোশ পরিলে কর্ণিয়ার বাহিরের পৃষ্ঠে বায়ু থাকে। কাজেই, সেক্ষেত্রে কর্ণিয়ায় আলোর প্রতিসরণ ঘটিতে পারে এবং চোখের অভিযোজনের ফলে রেটিনায় বিভিন্ন দূরত্বের বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠিত হইতে পারে। এইজন্যই মুখোশ পরিয়া ডুবুরী জলের নিচেও সুস্পষ্টভাবে দেখিতে পায়।

608. পরীক্ষাধীন বিন্দু আধান $+e$-কে এমন স্থানে রাখিতে হইবে যেখানে থাকিলে উহার উপর $-2q$ আধান-কর্তৃক প্রযুক্ত বল এবং $+q$-কর্তৃক প্রযুক্ত বল পরস্পর সমান এবং বিপরীতমুখী হয়। আধানটি $-2q$ এবং $+q$-এর মাঝামাঝি স্থাপন করিলে উভয় আধান-কর্তৃক প্রযুক্ত বল একই অভিমুখে ক্রিয়া করিবে। কাজেই, পরীক্ষাধীন আধানটিকে উক্ত দুই আধানের মাঝামাঝি কোথায় স্থাপন করিলে উহা

সাম্যে থাকিতে পারিবে না। ইহা ছাড়া, সাম্যে রাখিতে হইলে পরীক্ষাধীন আধানটিকে এমন স্থানে রাখিতে হইবে যাহাতে $+q$ হইতে ইহার দূরত্ব $-2q$ আধান হইতে ইহার দূরত্বের কম হয় ; কারণ এই শর্ত পালিত না হইলে ঐ দুই আধান-কর্তৃক পরীক্ষাধীন আধানের উপর প্রযুক্ত বলের মান কখনই সমান হইতে পারে না। সুতরাং বুঝা যাইতেছে

চিত্র 332

যে, পরীক্ষাধীন আধানটিকে $+q$ আধানের ডানপার্শ্বে কোন বিন্দুতে স্থাপন করিতে হইবে (চিত্র 332)। ধরি, পরীক্ষাধীন আধানটিকে $+q$ আধান হইতে a দূরত্বে স্থাপন করিলে পরীক্ষাধীন আধানটি সাম্যে থাকিবে। এই অবস্থায় নিম্নের শর্তটি অবশ্যই পালিত হইবে ঃ

$$\frac{qe}{a^2} = \frac{2qe}{(d+a)^2} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

বা, $2a^2 = (d+a)^2$

বা, $d+a = \sqrt{2}a$

বা, $(\sqrt{2}-1)\, a = d$

বা, $a = \dfrac{d}{\sqrt{2}-1} = d\,(1+\sqrt{2})$

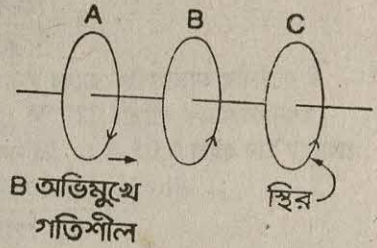
পরীক্ষাধীন আধানটিকে এই সাম্যাবস্থা হইতে $+q$ এবং $-2q$ আধানের সংযোজী রেখা বরাবর সরাইলে উহার উপর কীরূপ বল ক্রিয়া করে তাহা বিচার করিয়াই বুঝা যাইবে পরীক্ষাধীন আধানটির সাম্য কীরূপ।

যখন $+e$ আধানটিকে উহার সাম্যাবস্থা হইতে সরান হয় তখন $+e$ হইতে ইহার দূরত্বের আনুপাতিক পরিবর্তন $-2q$ হইতে ইহার দূরত্বের আনুপাতিক পরিবর্তন অপেক্ষা কম। অর্থাৎ, যদি $+e$ আধানটিকে উহার সাম্যাবস্থা হইতে $+q$-এর দিকে x দূরত্ব ঠেলিয়া দেওয়া হয় তবে

$$\frac{1}{(a-x)^2} > \frac{1}{\{(d+a)-x\}^2}$$

কাজেই, যখন $+q$ আধানের দিকে পরীক্ষাধীন আধানটির সরণ ঘটে তখন উহার উপর $-2q$-এর আকর্ষণ-বল যতটা বাড়ে $+q$-এর বিকর্ষণ-বল তদপেক্ষা বেশি বাড়ে। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে $+e$ আধানটির উপর উহার সরণের বিপরীতদিকে একটি বল ক্রিয়া করে। এই বল পরীক্ষাধীন আধানকে পুনরায় ফিরাইয়া লইয়া যাইতে চায়।

609. C কুণ্ডলীটি স্থির আছে বলিয়া এই কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহের দরুন স্থির কুণ্ডলী B-তে কোন তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হয় না। কিন্তু A কুণ্ডলী সুষম বেগে B কুণ্ডলীর

দিকে চলিতে থাকিলে B কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হয়। এই আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ কী হইবে তাহা লেঞ্জের সূত্র হইতে সহজেই নির্ণয় করা যায়। লেঞ্জের সূত্র অনুসারে, B কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ B কুণ্ডলীর দিকে A কুণ্ডলীর আগাইয়া আসাকে বাধা দিবে। কাজেই, B কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ হইবে A কুণ্ডলীর তড়িৎ-প্রবাহের বিপরীতমুখী (চিত্র 333) যাহাতে এই দুই কুণ্ডলীর মধ্যে একটি বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করে।

চিত্র 333

610. R_1 রোধবিশিষ্ট বহির্বর্তনীর মধ্য দিয়া ব্যাটারীর তড়িদ্দ্বার দুইটিকে যুক্ত করিলে বর্তনীতে প্রবাহমাত্রা হইবে

$$i_1 = \frac{E}{R_1 + R_0} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

এখানে E হইল ব্যাটারীর তড়িচ্চালক বল এবং R_0 হইল ইহার আভ্যন্তরীণ রোধ। এক্ষেত্রে, বহির্বর্তনীতে প্রতি একক সময়ে উৎপন্ন তাপ

$$H_1 = \frac{i_1{}^2 R_1}{J}. \qquad (J = \text{তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক})$$

$$\text{বা,} \quad H_1 = \frac{E^2}{(R_1 + R_0)^2}. \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

একইভাবে, R_2 রোধবিশিষ্ট বহির্বর্তনীর মধ্য দিয়া ব্যাটারীর তড়িদ্দ্বার দুইটিকে যুক্ত করিলে বহির্বর্তনীতে প্রতি একক সময়ে উৎপন্ন তাপের হার হইবে

$$H_2 = \frac{E^2}{(R_2 + R_0)^2} \cdot \frac{R_2}{J} \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

দুই ক্ষেত্রে তাপ-উৎপাদনের হার সমান হইলে (অর্থাৎ, $H_1 = H_2$ হইলে) সমীকরণ (ii) এবং (iii) হইতে লেখা যায়

$$\frac{E^2}{(R_1 + R_0)^2} \cdot \frac{R_1}{J} = \frac{E^2}{(R_2 + R_0)^2} \cdot \frac{R_2}{J}$$

$$\text{বা,} \quad R_1(R_2 + R_0)^2 = R_2(R_1 + R_0)^2$$

$$\text{বা,} \quad \sqrt{R_1}(R_2 + R_0) = \sqrt{R_2}(R_1 + R_0)$$

$$\text{বা,} \quad R_0(\sqrt{R_1} - \sqrt{R_2}) = R_1\sqrt{R_2} - R_2\sqrt{R_1}$$

$$\text{বা,} \quad R_0(\sqrt{R_1} - \sqrt{R_2}) = \sqrt{R_1 R_2}\,(\sqrt{R_1} - \sqrt{R_2})$$

$$\text{বা,} \quad R_0 = \sqrt{R_1 R_2}$$

অর্থাৎ, ব্যাটারীর আভ্যন্তরীণ রোধ $\sqrt{R_1 R_2}$ হইলে দুইক্ষেত্রে বহির্বর্তনীতে তাপ-উৎপাদনের হার সমান হইবে।

611. যখন বৈদ্যুতিক বাতিটি 10 V তড়িচ্চালক বলসম্পন্ন ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করা হয় তখন তড়িৎপ্রবাহের মান 0·01 A। কাজেই এই সময় বাতির রোধ

$$R = \frac{\text{বিভব-বৈষম্য}}{\text{তড়িৎ-প্রবাহ}} = \frac{10 \text{ V}}{0{\cdot}01 \text{ A}} = 10^3 \, \Omega \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

[ব্যাটারীর আভ্যন্তরীণ রোধের জন্য বিভব-পতন উপেক্ষা করা হইয়াছে।]

যখন বৈদ্যুতিক বাতিটি 220 V মেইনস্-এর সহিত যুক্ত করা হইল তখন স্থির প্রবাহের মান হইল 0·05 A। এই সময় বাতির রোধ

$$R = \frac{\text{বিভব বৈষম্য}}{\text{তড়িৎ-প্রবাহ}} = \frac{220 \text{ V}}{0{\cdot}05 \text{ A}} = 4{\cdot}4 \times 10^3 \, \Omega \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

(i) এবং (ii) নং সমীকরণ তুলনা করিয়া দেখা যাইতেছে যে, বাতির তড়িৎ-প্রবাহ প্রযুক্ত বিভব-বৈষম্যের সমানুপাতিক নয়। ইহাতে মনে হইতে পারে যে, আলোচ্য ক্ষেত্রে ওহ্‌মের সূত্রটি লঙ্ঘিত হইতেছে।

কিন্তু ওহ্‌মের সূত্রে বলা হইয়াছে যে, পরিবাহীর উষ্ণতা এবং অন্যান্য ভৌত অবস্থা অপরিবর্তিত থাকিলে তবেই তড়িৎ-প্রবাহ প্রযুক্ত বিভব-বৈষম্যের সমানুপাতিক হয়। কিন্তু আলোচ্য দুই ক্ষেত্রে বাতির ফিলামেণ্ট-এর উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকে না। যখন ফিলামেন্টের দুই প্রান্তে 220 V বিভব-বৈষম্য প্রয়োগ করা হয় তখন উৎপন্ন তাপের হার বেশি হয় বলিয়া ইহার উষ্ণতাও তুলনামূলকভাবে বেশি হয়। এইজন্য এই দুই ক্ষেত্রে ওহ্‌মের সূত্র প্রযোজ্য নয়।

612. মনে করি, বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইনের বিভব বৈষম্য = V volts

50 watt ক্ষমতার বৈদ্যুতিক বাতির রোধকে $R_1 \, \Omega$ ধরিলে লেখা যায়,

$$\frac{V^2}{R_1} = 50 \quad \text{বা,} \quad R_1 = \frac{V^2}{50} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

100 watt ক্ষমতার বৈদ্যুতিক বাতির রোধকে $R_2 \, \Omega$ ধরিলে লেখা যায়,

$$\frac{V^2}{R_2} = 100 \quad \text{বা,} \quad R_2 = \frac{V^2}{100} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

$$R_2 = R_1/2 \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

হিটার তারের রোধ $= r \, \Omega$

সুতরাং, 50W ক্ষমতাসম্পন্ন বৈদ্যুতিক বাতির সহিত শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত অবস্থায় হিটারে ব্যয়িত শক্তির হার,

$$W_1 = \left(\frac{V}{r + R_1}\right)^2 \times r \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

এবং 100 W ক্ষমতাসম্পন্ন বাতির সহিত শ্রেণী-সমবায়ে যুক্ত অবস্থায় হিটারে ব্যয়িত শক্তির হার,

$$W_2 = \left(\frac{V}{r + (R_1/2)}\right)^2 \times r \quad \cdots \quad \text{(v)}$$

স্পষ্টতই, $W_2 > W_1$ অর্থাৎ, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে হিটারে ব্যয়িত শক্তির হার বেশি।

613. মনে করি, দ্বিতীয় তারটির দৈর্ঘ্য ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে l এবং r।
কাজেই, প্রথম তারটির দৈর্ঘ্য ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে $2l$ এবং $2r$।
তার দুইটির উপাদানের রোধাঙ্ক ρ হইলে

প্রথম তারের রোধ, $R_1 = \rho \cdot \dfrac{2l}{\pi(2r)^2} = \dfrac{\rho l}{2\pi r^2}$ ... (i)

এবং দ্বিতীয় তারের রোধ, $R_2 = \rho \dfrac{l}{\pi r^2} = \dfrac{\rho l}{\pi r^2}$ ... (ii)

মনে করি, তার দুইটির দুই প্রান্তে প্রযুক্ত বিভব-বৈষম্য $= V$ volt

প্রথম তারে উদ্ভূত তাপের হার, $H_1 = \dfrac{V}{R_1 J}$

এবং দ্বিতীয় তারে উদ্ভূত তাপের হার, $H_2 = \dfrac{V_2}{R_2 J}$

$J =$ তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক

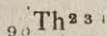
$$\therefore \frac{H_1}{H_2} = \frac{V^2/R_1J}{V^2/R_2J} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho l/\pi r^2}{\rho l/2\pi r^2} = 2 \quad \therefore \quad H_1 = 2H_2$$

অর্থাৎ, দ্বিতীয় তার অপেক্ষা প্রথম তারে উৎপন্ন তাপশক্তির হার দ্বিগুণ।

614. কোন মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক ঐ মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে বিদ্যমান প্রোটনের সংখ্যার সমান। কাজেই, আলোচ্য মৌলের নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা 11। আবার, কোন মৌলের পরমাণুর ভরসংখ্যা উহার নিউক্লিয়াসে বিদ্যমান প্রোটন এবং নিউট্রনের সংখ্যার সমান। কাজেই, আলোচ্য মৌলের নিউক্লিয়াসে প্রোটন এবং নিউট্রনের সংখ্যা $= 24$।

সুতরাং, নিউক্লিয়াসে নিউট্রন-সংখ্যা $= 24 - 11 = 13$।

পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চারিদিকে বিভিন্ন কক্ষপথে ভ্রাম্যমান ইলেকট্রনের সংখ্যা নিউক্লিয়াসে বিদ্যমান প্রোটনের সংখ্যার সমান। কাজেই, আলোচ্য পরমাণুতে ইলেকট্রন-সংখ্যা $= 11$ টি।

615. কোন নিউক্লিয়াস হইতে α-কণা নিঃসৃত হইলে উহার ভরসংখ্যা 4 কমিয়া যায় এবং পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 2 কমিয়া যায়। কাজেই, ${}_{92}U^{238}$ নিউক্লিয়াস হইতে একটি α-কণা নিঃসৃত হইলে ইহার পরমাণু-ক্রমাঙ্ক হয় $(92 - 2)$ বা 90 এবং ভর-সংখ্যা হয় $(238 - 4)$ বা 234। উৎপন্ন এই নিউক্লিয়াসটি একটি থোরিয়াম আইসোটোপ। ইহার প্রতীক নিম্নরূপ :

$${}_{90}Th^{234}$$

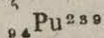
কিন্তু কোন নিউক্লিয়াস হইতে β-কণা নিঃসৃত হইলে নিউক্লিয়াসের ভরসংখ্যার কোন পরিবর্তন ঘটে না, কিন্তু ইহার পরমাণু ক্রমাঙ্ক 1 বাড়িয়া যায়। কাজেই, ${}_{92}U^{238}$ নিউক্লিয়াস α-কণা নিঃসৃত করিয়া ${}_{90}Th^{234}$ নিউক্লিয়াসে পরিণত হইবার পর উৎপন্ন এই দুহিতা নিউক্লিয়াস হইতে একটি β-কণা নিঃসৃত হইলে ইহার ভর-সংখ্যার কোন পরিবর্তন হইবে না। কিন্তু ইহার পরমাণু বাড়িয়া $(90 + 1)$ বা 91 হইবে। কাজেই, উৎপন্ন দুহিতা কণার প্রতীকটি হইল : ${}_{91}Pa^{234}$। ইহা প্রোট্যাক্টিনিয়াম মৌলের একটি আইসোটোপ।

616. (i) আলোচ্য নিউক্লীয় বিক্রিয়ার সমীকরণের সম্পূর্ণ রূপটি দেওয়া হইল ঃ

$${}_{7}N^{14} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{8}O^{17} + {}_{1}H^{1} \quad (\text{প্রোটন})$$

এই সমীকরণের তাৎপর্য এই যে, উপযুক্ত শক্তি সম্পন্ন α-কণার দ্বারা নাইট্রোজেন নিউক্লিয়াসকে আঘাত করিলে উহা হইতে একটি প্রোটন কণা বাহির হয় এবং এই প্রক্রিয়ায় নাইট্রোজেন নিউক্লিয়াসটি অক্সিজেন নিউক্লিয়াসে রূপান্তরিত হয়। লর্ড রাদারফোর্ড প্রথম পরীক্ষাগারে এই বিক্রিয়াটি লক্ষ্য করেন।

(ii) প্রতিটি β-বিঘটনের সময় তেজস্ক্রিয় নিউক্লিয়াসের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 8 বাড়ে ; কিন্তু ইহার ভর-সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না। কাজেই, ${}_{92}U^{239}$ নিউক্লিয়াস হইতে দুইটি β কণা নিঃসৃত হইলে উৎপন্ন দুহিতা কণার পরমাণু-ক্রমাঙ্ক হইবে (92+2) বা 94। কিন্তু এই দুই β-বিঘটনে নিউক্লিয়াসটির ভরসংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না। কাজেই, উৎপন্ন দুহিতা কণিকার ভরসংখ্যা 239-ই থাকিবে। সুতরাং, উৎপন্ন প্লুটো-নিয়াম আইসোটোপটির প্রতীক নিম্নরূপ ঃ

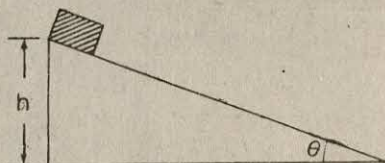
$${}_{94}Pu^{239}$$

617. ডয়টেরন (বা ডয়টেরিয়াম নিউক্লিয়াস) একটি নিউট্রন এবং একটি প্রোটনের সন্নিবেশে গঠিত। এই দুই নিউক্লিয়াসের মধ্যে একটি নির্দিষ্ট মানের বন্ধন-শক্তি আছে। একটি ফোটন ডয়টেরনের সহিত সংঘাতে লিপ্ত হইয়া তখনই উহাকে ভাঙিয়া একটি নিউট্রন এবং প্রোটনে পরিণত করিতে পারে যখন আপতিত ফোটনটি কম পক্ষে ডয়-টেরনের নিউট্রন-প্রোটনযুগলের বন্ধন-শক্তির সমান শক্তি যোগাইতে সক্ষম হয়। অন্যথা ডয়টেরনকে ভাঙিয়া প্রোটন এবং নিউট্রনে পরিণত করা যাইবে না। কাজেই, ডয়টেরনকে ভাঙিতে হইলে আপতিত ফোটনের শক্তির মান কমপক্ষে ডয়টেরনের নিউক্লিয়াস-যুগলের বন্ধন-শক্তির সমান হইতে হইবে। যে-ন্যূনতম শক্তি সরবরাহ করিয়া ডয়টেরনের ভাঙন ঘটান যায় তাহাই আলোচ্য ক্ষেত্রে সংকট শক্তি (critical energy)। স্পষ্টতই, এই সংকট শক্তি ডয়টেরনের নিউক্লিয়াস-যুগলের বন্ধন-শক্তিই নির্দেশ করে।

ডয়টেরনের ক্ষেত্রে প্রোটন-নিউট্রনের বন্ধন-শক্তির মান প্রায় 2·23 মেগা-ইলেকট্রন-ভোল্ট (Mev)। কাজেই, এক্ষেত্রে সংকট শক্তির মান 2·23 Mev। উচ্চ কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট γ-ফোটন এই শক্তি যোগাইয়া ডয়টেরনের ভাঙন ঘটাইতে পারে।

অতিরিক্ত প্রশ্নাবলী

618. একটি বস্তুকণা সমদ্রুতিতে একটি বৃত্তপথে চলিতেছে। ইহার ত্বরণ কি স্থির, নাকি পরিবর্তনশীল ?

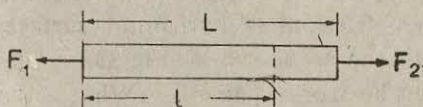
[A particle is moving on a circular path with uniform speed. Is the acceleration of the particle constant or variable ?]

619. একটি বস্তু ত্রিকোণাকার প্রিজ্‌ম বাহিয়া মসৃণভাবে নামিয়া আসে (চিত্র 334)। প্রিজ্‌মটি একটি অনুভূমিক তলের উপর আছে এবং ইহা ঐ তল বরাবর ঘর্ষণহীনভাবে চলিতে পারে। প্রিজ্‌মটি প্রথম ক্ষেত্রে স্থিরভাবে বিধৃত এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে মুক্তভাবে চলনক্ষম অবস্থায় থাকিলে এবং বস্তুটি একই উচ্চতা হইতে নামিয়া আসিলে এই দুই ক্ষেত্রে বস্তুটি কি একই বেগ লাভ করিবে ?

চিত্র 334

[A body slides smoothly down a triangular prism (Fig 334). The prism lies on a horizontal surface and can move along it without friction. The prism is fixed in the first case and free to move in the second. Will the velocity of the body when it reaches the base of the prism be the same in both the cases of the body starts from the same height ?]

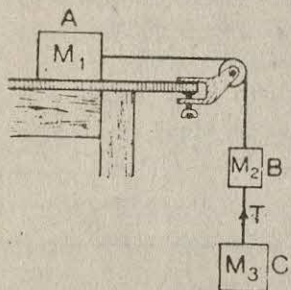
620. একটি স্থির কপিকলের উপর স্থাপিত কোন তারের দুই প্রান্ত হইতে দুইটি বস্তু ঝুলান আছে। একটি বস্তুর ভর 250 g। অন্য প্রান্ত হইতে অত্যন্ত ভারী একটি বস্তু ঝুলাইয়া দেওয়া হইলেও তারটি ছিঁড়িয়া যায় না। তারটিকে কীরূপ টান সহ্য করিবার উপযোগী করিয়া তৈরী করিতে হইবে ? কপিকল এবং তারের ঘর্ষণ উপেক্ষা কর। তারের ভরকেও উপেক্ষণীয় ধরিতে পার।

[Two bodies are suspended from a string thrown over a stationary pulley. The mass of one weight is 250 g. The string will not break if a very heavy weight is attached to its other end. What tension is the string designed for ? Ignore the friction between the pulley and the string. You may also disregard the mass of the string.]

621. সমসত্ত্ব পদার্থে তৈরী L দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি দণ্ডের দুইটি প্রান্তে দুইটি বিপরীতমুখী বল F_1 এবং F_2 প্রয়োগ করা হইল (চিত্র 335)। এক প্রান্ত হইতে l দূরত্বে অবস্থিত প্রস্থচ্ছেদে কী পরিমাণ অনুদৈর্ঘ্য বল ক্রিয়া করিবে ?

চিত্র 335

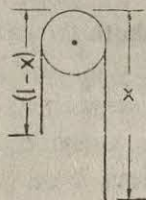
[A rod of length L, made of a homogeneous material, is acted upon by two oppositely

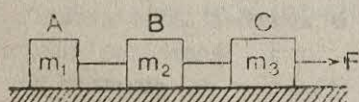
directed forces applied to its ends (Fig 335). With what force F will the rod be stretched in the cross-section at a distance l from one of the ends.

622. A, B এবং C ব্লককে একটি সূতার সাহায্যে যুক্ত করা হইয়াছে (চিত্র 336)। এই ব্লকগুলির ভর যথাক্রমে M_1, M_2 এবং M_3। টেবিলে এবং কপিকলে ঘর্ষণ উপেক্ষণীয় হইলে B এবং C ব্লকের মধ্যবর্তী অংশে তারের টান কত? (সূতার ভরও উপেক্ষা কর।)

চিত্র 336

[Blocks A, B and C are joined by a thread as shown in Fig. 336. The masses of the block are M_1, M_2 and M_3 respectively. If the friction at the table and the pulley is negligible, what is the tension in the thread ? (Neglect also the mass of the thread.)

623 l দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি সুষম দড়ি একটি ঘর্ষণহীন কপিকলের উপর দিয়া গিয়াছে (চিত্র 337)। কপিকলের এক পার্শ্বে ঝুলন্ত অংশের দৈর্ঘ্য x-এর ($x>l/2$) অপেক্ষক (function) হিসাবে দড়ির ত্বরণ নির্ণয় কর।

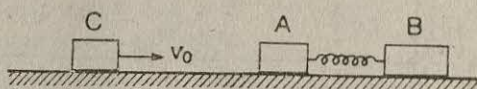
[A uniform rope of length l passes over a frictionless pulley (Fig. 337). Find the acceleration of the rope as a function of the length x ($x>l/2$) of the rope hanging from one side of the pulley.]

চিত্র 337

624. A, B এবং C ব্লক তিনটির ভর যথাক্রমে m_1, m_2 এবং m_3। ইহারা একটি ঘর্ষণহীন অনুভূমিক তলে অবস্থিত। ভরহীন সূতার সাহায্যে ব্লকগুলি যুক্ত করা হইল (338 নং চিত্রে যেমন দেখান হইয়াছে)। C ব্লকটিকে F মানের একটি অনুভূমিক বলে টানা হইল। B এবং C বস্তুর মধ্যবর্তী অংশে সূতার টান কত?

চিত্র 338

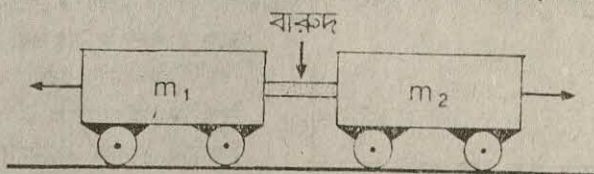
[The masses of the blocks A, B and C are m_1, m_2 and m_3 respectively. They are tying on a frictionless horizontal surface. They are connected by massless thread as shown in Fig 338. The block C is pulled by a constant horizontal force F. What is the tension in the thread between B and C ?]

625 একটি মসৃণ উল্লম্ব দেওয়ালে ঠেকা দেওয়া একটি মই বাহিয়া এক ব্যক্তি উপরে উঠিতেছে। লোকটি একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় উঠিলে তবেই মইটি পিছলাইতে আরম্ভ করে। ইহার কারণ কী?

[A man climbs up a ladder leaning against a smooth vertical wall. The ladder starts to slip only when the man mounts up a certain height. Why ?]

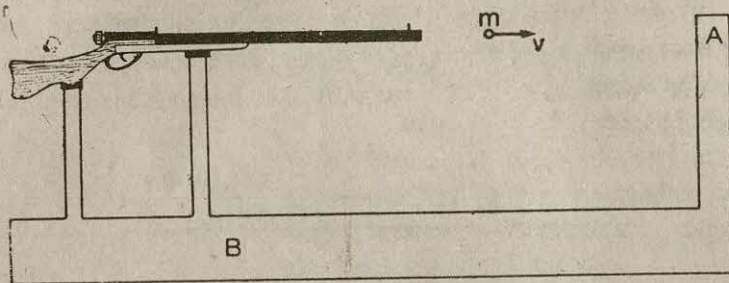
626. দুইটি বস্তু A এবং B-এর ভর যথাক্রমে m এবং $2m$। ইহাদিগকে একটি মসৃণ তলে স্থাপন করা হইল। ইহারা একটি স্প্রিং-এর সাহায্যে যুক্ত। m ভরের তৃতীয় একটি বস্তু (C) v_0 বেগে A এবং B-এর সংযোজী সরলরেখা বরাবর চলিয়া A-এর সহিত স্থিতিস্থাপক সংঘাত ঘটাইল (চিত্র 339)। সংঘাতের পর কোন মুহূর্তে t_0-তে A এবং B-এর তাৎক্ষণিক বেগ সমান হইতে দেখা গেল। ইহা ছাড়া, ঐ মুহূর্তে দেখা গেল যে, স্প্রিংটির সংনমন x_0। (i) t_0 সময়ে A এবং B-এর সাধারণ বেগ এবং (ii) স্প্রিং ধ্রুবক নির্ণয় কর।

চিত্র 339

[Two bodies A and B of masses m and $2m$ respectively are placed on a smooth floor. They are connected by a spring. A third body C of mass m moves with velocity v_0 along the line joining A and B and collides elastically with A as shown in Fig. 339. At a certain instant of time t_0 after collision, it is found that the instantaneous velocities of A and B are the same. Further at this instant the compression of the spring is found to be x_0. Determine (i) the common velocities of A and B at time t_0 and (ii) the spring constant. [আই. আই. টি. এ্যাডমিশন টেস্ট, 1984]

627. দুইটি গাড়ি উহাদের মাঝখানে রাখা বারুদের বিস্ফোরণে পরস্পর বিপরীত দিকে ধাক্কা খাইল (চিত্র 340)। গাড়ি দুইটির মধ্যে একটির ভর m_1 এবং ইহা s দূরত্ব গিয়া স্থির অবস্থায় আসিল। অন্যটির ভর m_2 হইলে ঐ গাড়িটি কতটা দূরত্ব গিয়া স্থির হইবে ? ধরিয়া লও যে, গাড়ি ও ভূমির মধ্যে ঘর্ষণ গুণাঙ্ক উভয় গাড়ির ক্ষেত্রে অভিন্ন।

চিত্র 340

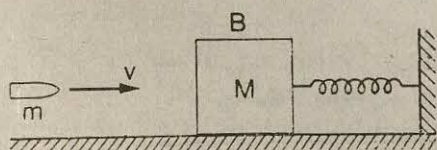
[Two carts are pushed apart by an explosion of gunpowder charge placed between them (Fig. 340). One of the carts, having a mass m_1, travels a distance s and comes to a stop. What distance

will the other cart cover before coming to rest, if its mass be m_2? Assume that the coefficient of friction between the ground and the carts are the same.]

628. ঘর্ষণহীন অনুভূমিক তলের উপর একটি ব্লক B অবস্থিত (চিত্র 341)। ব্লকটির উপর একটি বন্দুক G স্থাপন করা আছে। বন্দুক হইতে W দেওয়ালের দিকে v বেগে m ভরবিশিষ্ট একটি বুলেট ছোঁড়া হইল। বন্দুক, বুলেট এবং ব্লকের মোট ভর

চিত্র 341

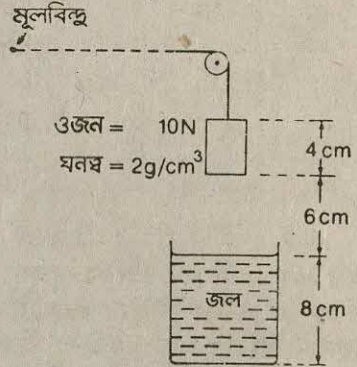
M। (i) বুলেট ছোঁড়ার অব্যবহিত কাল পরে ব্লকের দ্রুতি কী হইবে? (ii) বুলেটটি যদি W দেওয়ালে প্রবিষ্ট হইয়া আটকাইয়া যায় তবেই বা ব্লকের দ্রুতি কী হইবে?

[A gun G is mounted on a block B which rests on a frictionless horizontal surface (Fig. 341). The gun fires a bullet of mass m with a velocity v towards the wall W of the block. The mass of the gun, bullet and the block together is M. (i) What is the speed of the block immediately after the gun is fired? (ii) What will be the speed of the block if the bullet strikes the wall and gets embedded in it?]

629. অনুভূমিক তলে অবস্থিত M ভরবিশিষ্ট একটি ব্লক B-কে উপেক্ষণীয় ভরের একটি অনুভূমিক পাঁকানো স্প্রিং-এর এক প্রান্তে যুক্ত করা হইল (চিত্র 342)। স্প্রিংটির অন্য প্রান্ত একটি দেওয়ালের সঙ্গে যুক্ত। m ভরবিশিষ্ট একটি বুলেট v বেগে আসিয়া ব্লকে আঘাত করিল এবং ব্লকটিতে বিদ্ধ হইয়া আটকাইয়া গেল। যদি স্প্রিংটির বল ধ্রুবক K হয় তবে স্প্রিংটির সর্বোচ্চ সংনমন (compression) নির্ণয় কর। ধরিয়া লও যে, ব্লক এবং উহা যে-তলের উপর অবস্থিত উহাদের মধ্যে কোন ঘর্ষণ নাই।

চিত্র 342

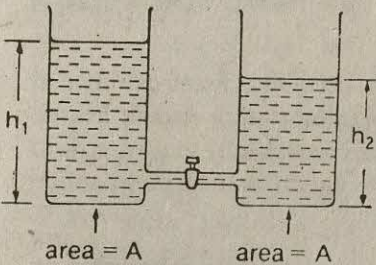
[A block B of mass M, resting on a horizontal surface, is connected to one end of a horizontal coiled spring of negligible

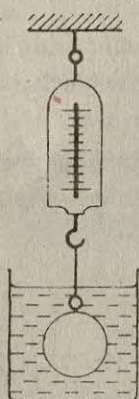
mass (Fig 342). A bullet of mass m moving horizontally with a velocity v hits the block and gets embedded in it. If the force constant of the spring is K, find the maximum compression of the spring. Assume that there is no friction between the block and the surface on which it rests.]

630. 343 নং চিত্রে একটি কপিকলের উপর দিয়া ঝুলানো একটি তার দেখান হইয়াছে। চোঙটির ওজন 10 N। ইহা হইতে 2 g/cm³ ঘনত্ববিশিষ্ট পদার্থের তৈরী একটি চোঙ ঝুলানো হইয়াছে। তারটির অন্য প্রান্ত এক ব্যক্তির হাতে বিধৃত আছে। ঐ ব্যক্তি চোঙটিকে ধীরে ধীরে জলে ডুবাইতে লাগিল। মূলবিন্দু হইতে তারের প্রান্তের সরণ x-এর সহিত তারের টান T কীভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা লেখচিত্রের সাহায্যে দেখাও।

চিত্র 343

[Fig. 343 shows a string hanging over a pulley and suspending a cylinder made of a material of density 2g/cm³. The weight of the cylinder is 10 N. The other end of the string is held by a man. He lowers the cylinder gradually into the water. Sketch the graph to show how the tension T of the string varies with the distance x the end of the string moves from the origin.]

631. দুইটি সদৃশ চোঙাকৃতি পাত্রের ভূমি একই লেভেলে আছে। ইহাদের উভয়ের মধ্যেই ρ ঘনত্বের তরল আছে। এ পাত্রে তরলের উচ্চতা h_1 এবং অন্যটিতে তরলের উচ্চতা h_2 (চিত্র 344)। প্রতিটি পাত্রের ভূমির ক্ষেত্রফল A। যখন পাত্রদ্বয়কে পরস্পরের সহিত যুক্ত করা হয় তখন দুই পাত্রের তরলের লেভেল সমান করিতে অভিকর্ষ বল কী পরিমাণ কার্য করিবে?

চিত্র 344

[Two identical cylindrical vessels, with their bases at the same level, each contain a liquid of density ρ. The height of the liquid in one vessel is h_1 and that in the other is h_2 (Fig. 344). The area of either base is A. What is the work done by gravity in equalising the levels when the two vessels are connected ?] [আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1981]

632. একটি স্প্রিং তুলা হইতে ঝুলানো কোন বস্তুকে একটি তরলে নিমজ্জিত করা হইল (চিত্র 345)। তরলের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক ঝুলানো বস্তুটির রৈখিক প্রসারণ গুণাঙ্কের দ্বিগুণ। যদি তরলের উষ্ণতা বাড়ানো হয় তবে স্প্রিং তুলার পাঠ কমিবে, নাকি বাড়িবে ?

চিত্র 345

[A body suspended from a spring balance is immersed in a liquid (Fig. 345). The coefficient of cubical expansion of the liquid is twice the coefficient of linear expansion of the suspended body. If the liquid is now heated, will the reading of the spring balance decrease or increase ?]

633. তামা-নির্মিত একটি নিরেট গোলকের ব্যাসার্ধ R এবং একই পদার্থের তৈরী আর একটি ফাঁপা গোলকের আভ্যন্তরীণ ব্যাসার্ধ r এবং বহির্ব্যাসার্ধ R। ইহাদিগকে উত্তপ্ত করিয়া একই উষ্ণতায় তোলা হইল এবং একই পরিপার্শ্বে শীতল হইতে দেওয়া হইল। ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি দ্রুততর হারে ঠাণ্ডা হইতে শুরু করে ?

[A solid sphere of copper of radius R and a hollow sphere of the same material of inner radius r and outer radius R are heated to the same temperature and allows to cool in the same environment. Which of them starts cooling faster ?]

[আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1982]

634. একটি বৈদ্যুতিক হিটারের সাহায্যে বায়ুমণ্ডলীয় চাপের কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ জলকে 0°C হইতে স্ফুটনাঙ্কে তুলিতে 7·5 মিনিট সময় লাগে। ইহার পর 40 মিনিট সময়ে সমস্ত জল বাষ্পে পরিণত হয়। এই উপাত্ত হইতে জলের বাষ্পীভবনের লীন তাপ নির্ণয় কর।

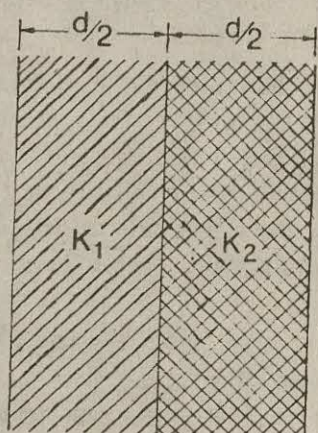
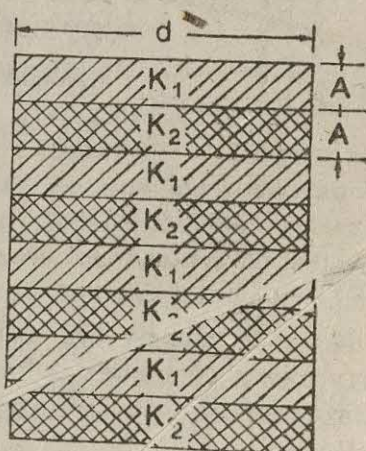
[It takes 7·5 minutes to raise a certain amount of water at atmosphere pressure from 0°C to boiling point using electric heater. After this, 40 minutes are required to convert all the water into vapour. Use these data to calculate the latent heat of vaporisation of water.]

635. একটি পাত্রে 0°C উষ্ণতার কিছু পরিমাণ জল আছে। এই পাত্র হইতে দ্রুত বায়ু বাহির করিয়া লওয়া হইতেছে। দ্রুত বাষ্পীভবনের ফলে জল ধীরে ধীরে জমিয়া গেল। জলের কত ভগ্নাংশ বরফে পরিণত হইতে পারে ? ধরিয়া লও যে, বরফের গলনের লীন তাপ 80 cal/g এবং 0°C উষ্ণতায় জলের বাষ্পীভবনের লীন তাপ 540 cal/g।

[A vessel contain a certain amount of water at 0°C. The air is rapidly pumped out of the vessel. The intensive evaporation causes a gradual solidification of water. What part of the original amount of water can be converted into the ice by this method ? Assume that the latent heat of fusion of ice is 80 cal/g and the latent heat of vaporisation of water at 0°C is 540 cal/g.]

636 পরিপার্শ্বের বায়ুর উষ্ণতা যদি 42°C হয় তবে ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটারের সাহায্যে মানবদেহের উষ্ণতা কীরূপে মাপিবে ?

[How can the temperature of a human body be measured with a clinical thermometer if the temperature of the ambient air is 42°C ?]

637. 346 (i) নং এবং (ii) নং চিত্রে যেমন দেখান হইয়াছে তেমনভাবে দুইটি বিভিন্ন পদার্থের তৈরী একই বেধবিশিষ্ট দেওয়াল I এবং II তৈরী করা হইল। কোন্ ক্ষেত্রে তুল্য তাপ-পরিবাহিতাঙ্ক বেশি হইবে ?

চিত্র 346

Two walls I and II of the same thickness are made of two different materials of thermal conductivities K_1 and K_2, as shown in Fig. 346 (i) and (ii). In what case will the equivalent thermal conductivity greater ?]

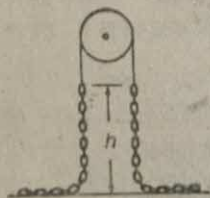
638. কার্বন-ডাই অক্সাইডের সঙ্কট উষ্ণতা 31·4°C। 25°C উষ্ণতার কার্বন-ডাই অক্সাইড কি গ্যাস ?

[The critical temperature of carbon di-oxide is 31·4°C. Is it a gas at 25°C ?]

[জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1986]

639. দুই মুখ বন্ধ একটি চোঙে একটি পাতলা পিস্টন প্রবেশ করান হইল। চোঙের একটি প্রকোষ্ঠে m g পরিমাণ একটি গ্যাস আছে এবং অন্য প্রকোষ্ঠে $2m$ g পরিমাণ একই গ্যাস আছে। যখন পিস্টনটি সাম্যে আসে তখন $2m$ g পরিমাণ গ্যাস চোঙের আয়তনের কত ভগ্নাংশ জুড়িয়া থাকিবে ?

[A thin piston is inserted in a cylinder closed at both ends. One compartment of the cylinder contains m g of a certain gas and the other compartment of the cylinder contains $2m$ g of the same gas. What fraction of the cylinder by volume will be occupied by $2m$ g of the gas when the piston is in equilibrium ?]

640. একটি হাল্কা তার একটি হাল্কা কপিকলের উপর ঝুলিতেছে (চিত্র 347)। তারটির উভয় প্রান্ত একটি ভারী শৃঙ্খলের h দৈর্ঘ্য বিধৃত রাখিয়াছে। এই শৃঙ্খলের আরো কিছু অংশ একটি অনুভূমিক তলে আছে। কপিকলটিকে সামান্য ঘুরান হইল যাহাতে এক পার্শ্বের শৃঙ্খল কিছুটা উঠে এবং অন্য পার্শ্বের শৃঙ্খল কিছুটা নামে। দেখাও যে, কপিকলটি ছাড়িয়া দেওয়া হইলে সংস্থাটি সরল দোল গতি নিষ্পন্ন করিবে। এই দোলগতির পর্যায়কাল নির্ণয় কর।

চিত্র 347

[A light string hangs over a light pulley (Fig. 347). Each side of the string supports a length h of a heavy chain, more of which lies on a horizontal surface. The pulley is rotated slightly so that the chain on one side is raised, and on the other side is lowered. Show that the system, when released, will execute simple harmonic motion. Find the period of this motion.]

641. নৌকা হইতে এক ব্যক্তি একটি হ্রদের তলার দিকে তাকাইয়া আছে। তাহার দৃষ্টিরেখা এবং উল্লম্বরেখার অন্তর্বর্তী কোণ i-এর উপর হ্রদের আপাত গভীরতা h কীভাবে নির্ভর করিবে ? ধরিয়া লও যে, হ্রদের প্রকৃত গভীরতা সর্বত্র সমান এবং ইহার মান H।

[A man on a boat is looking at the bottom of a lake. How does the apparent depth of the lake h depend on the angle i from by his line of sight and the vertical line ? The actual depth of the lake is the same everywhere and is equal to H.]

642. স্বচ্ছ পদার্থের তৈরী একটি মোটা পাতের দুই পৃষ্ঠ সমান্তরাল। ইহার প্রতিসরাঙ্ক উপরিপৃষ্ঠ হইতে নিচের পৃষ্ঠ পর্যন্ত ক্রমশ পরিবর্তিত হইয়া n_1 হইতে n_2 হইয়াছে। এই পাতে α কোণে একটি আলোক-রশ্মি প্রবেশ করিল। পাত হইতে রশ্মিটি কত কোণে নিক্রান্ত হইবে ?

[The two faces of a thick plate made of transparent material are parallel. The refractive index of a material of the plate

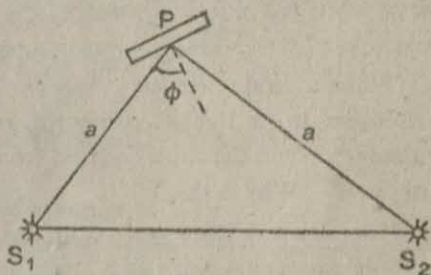
changes continuously from n_1 on the upper face to n_2 on the lower face. A beam of light enters the plate at an angle α. At what angle will the beam leave the plate ?]

643. কাচনির্মিত একটি প্রতিসম উভোত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব লেন্সটির পৃষ্ঠ-দ্বয়ের বক্রতা-ব্যাসার্ধের সমান হইলে কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত ?

[If the focal length of a symmetrical convex lens made of glass is equal to the radius of curvature of its faces, what is the refractive index of glass ?]

644. একটি ল্যাম্পকে একটি গোল টেবিলের কেন্দ্র হইতে কতটা উঁচুতে ঝুলাইয়া দিলে উহার ধারের দীপনমাত্রার মান সর্বোচ্চ হইবে ?

[At what height should a lamp be hung above the centre of a round table to obtain the maximum illumination at its edges ?]

645. একই দীপনপ্রাবল্যবিশিষ্ট আলোর দুই বিন্দু-উৎস S_1 এবং S_2-কে একটি সমকোণী সমদ্বিবাহু ত্রিভুজের দুই শীর্ষবিন্দুতে রাখা হইল (চিত্র 348)। একটি ক্ষুদ্র পাত P-কে অপর শীর্ষবিন্দুতে কীরূপে স্থাপন করিলে ইহার দীপনমাত্রা সর্বোচ্চ হইবে ? ত্রিভুজের বাহু $PS_1 = PS_2 = x$।

চিত্র 348

[Two point sources of light S_1 and S_2 of equal luminous intensity are arranged at the vertices of an isosceles right-angled triangle (Fig 348). How should a small plate P be positioned for its illumination to be maximum ? The sides of the triangle $PS_1 = PS_2 = x$.]

646. একটি লোক একটি সমতল দর্পণের অভিলম্বের সহিত θ কোণে v বেগে দর্পণটির দিকে আগাইতেছে। লোকটির সাপেক্ষে দর্পণে গঠিত প্রতিবিম্বের বেগের মান এবং অভিমুখ কী হইবে ?

[A man moves towards a plane mirror with a velocity v in the direction making an angle θ with the normal to the mirror. What will be the velocity of the image relative to the man ?]

647. আমাদের চোখ হরিদ্রাভ-সবুজ আলোর ক্ষেত্রেই সবচেয়ে বেশি সুবেদী। তবু বিপদ-সঙ্কেত হিসাবে আমরা লাল আলোর সঙ্কেত ব্যবহার করি। কেন ?

[Our eye is most sensitive to yellowish green light. Still danger signals are in red colour. Why ?

648. একটি বাক্সে দুইটি উত্তল লেন্স ছিল। ইহাদের মধ্যে একটির ফোকাস-দূরত্ব 30 cm এবং অন্যটির ফোকাস-দূরত্ব 20 cm। বাক্স খুলিয়া দেখা গেল, একটি লেন্স হারাইয়া গিয়াছে। যে-লেন্সটি বাক্সে পাওয়া গেল সেইটিকে একটি মোমবাতি এবং একটি পর্দার মাঝামাঝি বসাইয়া পর্দায় মোমবাতির প্রতিবিম্ব গঠন করার চেষ্টা করা হইল। কিন্তু সেই চেষ্টা সফল হইল না। পর্দা এবং মোমবাতির মধ্যবর্তী দূরত্ব 1 মিটার হইলে যে-লেন্সটি হারাইয়া গিয়াছে উহার ফোকাস-দূরত্ব কত?

[There were two convex lenses in a box. One of them was of focal length 30 cm and the other of focal length 20 cm. On opening the box, one of the lenses was found missing. The lens found in the box was placed between a candle and a screen, and it was tried to form an image of the candle on the screen. But the attempt was not successful. If the distance between the candle and the screen be 1 m, what is the focal length of the lens that was missing ?]

649. যখন কোন ট্রেন একটি সুড়ঙ্গপথে চলে তখন কাচের জানালায় আলোকিত কামরার আরোহীদের প্রতিফলন সুস্পষ্টভাবে দেখা যায়। কিন্তু যখন ট্রেনটি সুড়ঙ্গ হইতে বাহির হইয়া আসে তখন ঐ প্রতিফলন অদৃশ্য হইয়া যায়। ইহার কারণ কী?

[When a train travels through a tunnel the reflection of passengers in a lighted compartment are clearly seen in glass window. When the train emerges from the tunnel the reflections disappear. Why is this ?]

650. এক ব্যক্তি বিবর্ধক কাচের মধ্য দিয়া একটি মানচিত্রের দিকে তাকায়। এক্ষেত্রে কী ধরনের লেন্স ব্যবহৃত হয়? যখন ঐ ব্যক্তি লেন্সের মধ্য দিয়া মানচিত্রের দিকে তাকায় তখন সে কী দেখে?

[A man looks at a map through a magnifying glass. What type of lens is used ? What does he see when he looks at the map through the lens ?]

651. সমতল দর্পণের বক্রতা-ব্যাসার্ধ কত? সমতল দর্পণের ক্ষেত্রে গোলীয় দর্পণের ফর্মুলাটি প্রয়োগ কর। ইহা হইতে তুমি কী প্রতিষ্ঠা করিতে পার?

[What is the radius of curvature of a plane mirror ? Apply the spherical mirror formula to a plane mirror. What do you deduce ?]

652. তড়িচ্চুম্বক তৈরী করা হয় স্ট্যালয় দ্বারা এবং দণ্ড-চুম্বক তৈরী করা হয় অ্যালনিকো দ্বারা। ইহার কারণ কী?

[An electromagnet is made of stalloy and a bar magnet is made of alnico. Why ?] [জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1983]

653. একটি প্রাথমিক কোষ এবং একটি গৌণ কোষের তড়িচ্চালক বল সমান।

ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি ব্যবহার করিলে তড়িৎপ্রবাহের সর্বোচ্চ মান অপেক্ষাকৃত বেশি হইবে ?

[A primary cell and a secondary cell have the same emf. Which of these will provide higher value of the maximum current ?]

[আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1977]

654. যদি তামার তারকে টানিয়া উহার দৈর্ঘ্য 0·1% বৃদ্ধি করা হয় তবে উহার রোধের শতকরা পরিবর্তন কী হইবে ?

[If a copper wire is stretched to make it 0·1% longer, what is the percentage change in its resistance ?]

[আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1978]

655. 0°C উষ্ণতায় দুইটি পরিবাহীর রোধের উষ্ণতা-গুণাঙ্ক α_1 এবং α_2। এই দুই পরিবাহীকে (i) শ্রেণী সমবায়ে এবং (ii) সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করিলে বর্তনীর রোধের উষ্ণতা-গুণাঙ্ক কী হইবে নির্ণয় কর।

[Two conductors with temperature coefficients of resistance α_1 and α_2 have resistances R_{01} and R_{02} at 0°C. Find the temperature coefficient of a circuit consisting of these two conductors if they are connected (i) in series and (ii) in parallel.]

656. প্রমাণ রোধক দুই ভাঁজ-করা জড়ানো কুণ্ডলীর দ্বারা তৈরী করা হয়। ইহার কারণ কী ?

[Standard resistors are double wound. Why ?]

657. ট্রান্সফর্মারের সজ্জা (core) ইস্পাতের পাতলা ফলকের সাহায্যে তৈরী করা হয়। ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

[The core of a transformer is made of laminated steel. Explain why.]

658. কাচের উপর আন্দোলনরত চুম্বক-শলাকা তামার পাতের উপর আন্দোলনরত চুম্বক-শলাকা অপেক্ষা তাড়াতাড়ি স্থির অবস্থায় আসে। ইহার কারণ কী ?

[A magnetic needle, oscillating over a copper sheet, comes to rest more quickly than one osillating over a sheet of glass. Why ?]

659. একটি তামার মুদ্রা অন্যত্র যে-বেগে নীচে পড়ে, একটি উচ্চ শক্তিসম্পন্ন চুম্বকের দুই মেরুর মধ্য দিয়া বেশি মন্থর ভাবে পড়ে। উক্তিটির ব্যাখ্যা দাও।

[A copper coin dropped between the poles of a strong magnet falls more slowly than one dropped elsewhere. Explain.]

660. দুইটি সদৃশ বৃত্তাকার কুণ্ডলী A এবং B সমাক্ষভাবে পরস্পর সমান্তরাল অবস্থায় আছে, B কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া I তড়িৎপ্রবাহ যাইতেছে। A কুণ্ডলী হইতে দেখিলে B কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ দক্ষিণাবর্তী। B কুণ্ডলী হইতে দেখিলে নিম্নের ক্ষেত্রগুলিতে A কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল কীরূপ হইবে ?

(i) B কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ বাড়ল,

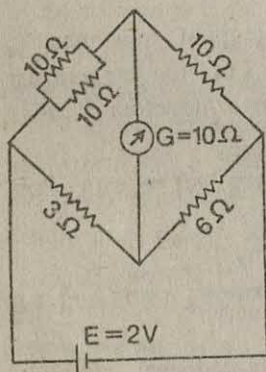
(ii) B কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ স্থির রাখিয়া ইহাকে A কুণ্ডলীর দিকে আগাইয়া আনা হইল।

[Two identical ci. :ular coils A and B are parable to each other with there centres on the same axis. The coil B carries a current I in the clockwise direction as seen from A. What would be the direction of the induced current in A as seen from B, when (i) the current in B is increased, (ii) the coil B is moved towards A, keeping the current in B constant ?]

[আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1971]

661. দেখাও যে, সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত কতকগুলি রোধের তুল্য রোধ (equivalent resistance) উহাদের ক্ষুদ্রতম রোধটি অপেক্ষাও কম।

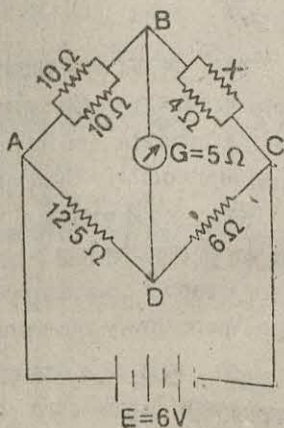
[Show that the equivalent resistance of parallel combination of resistances is less than the smallest resistance of the combination.]

[জয়েণ্ট এণ্ট্রান্স, 1986]

চিত্র 349

662. 349 নং চিত্রে একটি হুইটস্টোন ব্রিজ বর্তনী দেখান হইয়াছে। বর্তনীর বিভিন্ন বাহুর রোধ এবং গ্যালভানোমিটারের রোধও চিত্রে দেখান হইয়াছে। গ্যালভানোমিটার বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহ কত ?

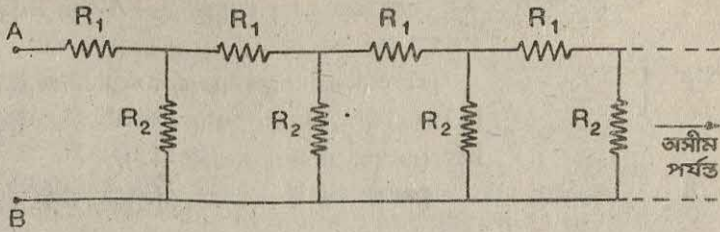
[Fig. 349 shows a Wheatstone bridge circuit. The resistances of the arms and the galvanometer are also shown in the figure. What is the current in the galvanometer circuit ?]

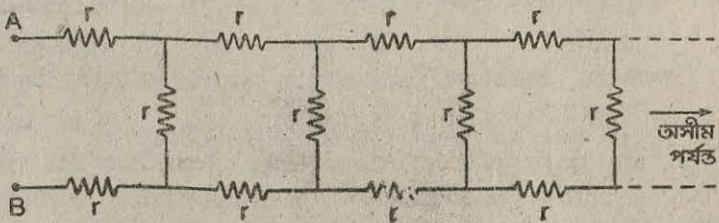
663. 350নং চিত্রে দেখান হুইটস্টোন ব্রিজ বর্তনীর গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎপ্রবাহের মান শূন্য। X রোধটির মান কত ?

[The current flowing through the galvanometer of the Wheatstone bridge circuit, shown in Fig. 350 is zero. What is the value of the resistance X ?]

চিত্র 350

664. 351নং চিত্রের অনুরূপভাবে R_1 এবং R_2 মানের রোধে গঠিত অসীম সংখ্যক অংশ সংযোজিত করিয়া একটি বর্তনী গঠন করা হইল। A এবং B বিন্দুর মধ্যে মোট রোধ নির্ণয় কর।

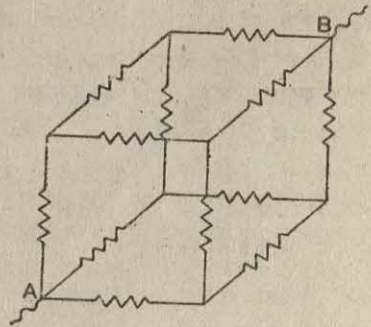
[A circuit is formed by an infinite number of repeated sections

with resistors R_1 and R_2 as shown in Fig. 351. Find the total resistance between points A and B.]

চিত্র 351

665. A এবং B বন্ধনীর মধ্যে 352নং চিত্রে দেখানো অসীম বর্তনীর রোধ নির্ণয় কর।

চিত্র 352

[Find the resistance between the terminals A and B of the infinite net-work shown in Fig. 352.]

666. তারের তৈরী একটি ঘনককে A এবং B বিন্দুতে একটি বর্তনীর সহিত যুক্ত করিলে ঘনকটির তুল্য রোধ কী হইবে (চিত্র 353)? ঘনকের প্রতিটি বাহুর রোধ R ধরিয়া লও।

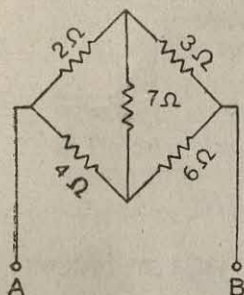
[What is the effective resistance of a wire cube. When it is connected to a circuit between the points A and B (Fig 353)? Assume that the resistance of each edge of the wire cube is R.]

চিত্র 353

667. ট্যানজেণ্ট গ্যালভানোমিটারের সাহায্যে পরীক্ষা করার সময় গ্যালভানোমিটার বিক্ষেপকে 45°-র কাছাকাছি রাখা হয় কেন?

[Why do you adjust deflection around 45° while performing experiments with tangent galvanometer?] [জয়েণ্ট এণ্ট্রান্স, 1986]

668. একটি তড়িৎ-কোষের তড়িচ্চালক বল ত্রুটিহীনভাবে মাপিতে পোটেনসিওমিটার ব্যবহার করা হয়, ভোল্টমিটার নয়। ইহার কারণ কী?

[A potentiometer and not a voltmeter is used for accurate measurement of the emf of a cell. Why ?] [জয়েন্ট এন্ট্রান্স, 1986]

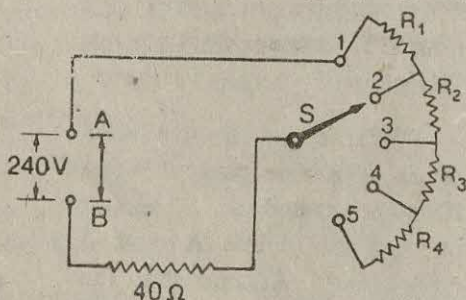
669. পাঁচটি রোধকে 354নং চিত্রের অনুরূপ যুক্ত করা হইল। A এবং B বিন্দুতে কার্যকরী রোধ কত হইবে ?

চিত্র 354

[Five resistances are connected as shown in Fig. 354. What is the effective resistance between the points A and B ?]

[আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1976]

670. তোমাকে N সংখ্যক রোধ দেওয়া হইল। ওহ্‌ম এককে এই রোধগুলির মান (N+1), (N+2), (N+3), ...(2N−1) এবং 2N—এই সমোত্তর শ্রেণীতে আছে। এই রোধগুলিকে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করা হইল। দেখাও যে, N-এর মান যাহাই হউক না কেন, উক্ত রোধগুলির সমান্তরাল সমবায়ের মোট রোধ 2Ω হইতে বেশি হইতে পারে না।

[You are given N conductors. The resistances of these conductors, expressed in ohms, are in the arithmetical series (N+1), (N+2), (N+3),......(2N−1) and 2N. They are connected in parallel. Show that the combined resistance irrespective of value of N will be less than 2Ω.]

671. 355নং চিত্রের পরিবর্তনীয় রোধটির বিভিন্ন অংশের রোধ (R_1, R_2, R_3 এবং R_4) কত হইলে স্লাইডার S-কে একটি স্পর্শবিন্দু হইতে পরবর্তী স্পর্শবিন্দুতে লইয়া গেলে বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহ 1 A করিয়া পরিবর্তিত হয়। বর্তনীর দুই প্রান্ত A এবং B-তে 240 V মানের বিভব-বৈষম্য বজায় রাখা হইয়াছে।

চিত্র 355

[What resistance must each section of the rheostat (R_1, R_2, R_3 and R_4) shown in Fig. 355 have for the current flowing through the circuit to change by 1A when the slider S moves over from one contact point to the next ? A constant potential difference of 240 V is maintained at the circuit terminals A and B.]

672. লিথিয়াম, সোডিয়াম এবং পটাসিয়ামের পরমাণুর প্রতিটিতে বিভিন্ন সংখ্যক ইলেকট্রন থাকে। তবে উহারা প্রত্যেকে একযোজী (monovalent) কেন ?

[The atoms of lithium, sodium and patassium cach contain a

different number of electrons. Why then all these elements monovalent ?]

673. একটি সুষম তড়িৎক্ষেত্রে অন্তরিত সূতার সাহায্যে একটি ধাতব বল ঝুলান আছে। যদি ঐ বলের উপর উচ্চ শক্তিসম্পন্ন X-রশ্মি আপতিত হয় তাহা হইলে বলটি তড়িৎক্ষেত্রের অভিমুখে বিক্ষিপ্ত হইবে।

উপরের উক্তিটি কি সত্য, নাকি মিথ্যা ? যুক্তিসহ সংক্ষেপে উত্তর দাও।

[A small metal ball is suspended in a region of uniform electric field with the help of an insulated thread. If high energy X-ray beam falls on the ball, the ball will be deflected in the direction of the field.

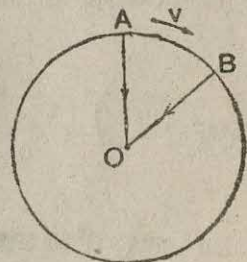
Is the above statement true or false ? Give reasons for your answer.]

[আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, 1983]

সমাধান

618. সমদ্রুতিতে বৃত্তপথে চলমান বস্তুকণার ত্বরণের মান সর্বদা অভিন্ন হইলেও ইহার দিক পরিবর্তনশীল। আমরা জানি যে, r ব্যাসার্ধের বৃত্তপথে v দ্রুতিতে চলমান বস্তুকণার ত্বরণ (অভিকেন্দ্র ত্বরণ)

$$f=\frac{v^2}{r}$$

ইহা বৃত্তপথের কেন্দ্রাভিমুখী। কাজেই, বস্তুকণা যে-মুহূর্তে বৃত্তপথের A বিন্দুতে আসে তখন ইহার ত্বরণের অভিমুখ A হইতে O-এর দিকে (চিত্র 356)। অনুরূপভাবে, বস্তুকণাটি যখন B বিন্দুতে আসে তখন ইহার অভিমুখ B হইতে O-এর দিকে। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে ত্বরণের অভিমুখ প্রতি মুহূর্তে পরিবর্তিত হয়। কাজেই, ত্বরণ ভেক্টর স্থির নয়, ইহা পরিবর্তনশীল।

চিত্র 356

619. প্রথম ক্ষেত্রে প্রিজমটি স্থিরভাবে বিধৃত বলিয়া বস্তুটি প্রিজম বাহিয়া ঘর্ষণহীনভাবে নামিয়া আসিলে উহার অভিকর্ষজ স্থিতিশক্তি সম্পূর্ণভাবে বস্তুটির গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। প্রিজম স্থির অবস্থায় থাকে বলিয়া এক্ষেত্রে বস্তুটির অভিকর্ষজ স্থিতিশক্তির কোন অংশই প্রিজমে গতিশক্তি সঞ্চারের জন্য ব্যয়িত হয় না।

কিন্তু দ্বিতীয় ক্ষেত্রে (অর্থাৎ, যখন প্রিজমটি মুক্তভাবে চলনক্ষম তখন) বস্তুটির স্থিতিশক্তির একাংশ প্রিজমে গতিশক্তি সঞ্চারে ব্যয়িত হয়। ইহার ফলে দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বস্তুটিতে সঞ্চারিত বেগ অপেক্ষাকৃত কম হইবে।

620. যদি তারের অন্য প্রান্তে উচ্চ মানের ভর (ধরি, M g) ঝুলাইয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে উভয় বস্তুই g অপেক্ষা সামান্য কম ত্বরণে চলিতে থাকিবে। এই ত্বরণ f-এর মান হইবে

$$f=\frac{M-250}{M+250}\cdot g$$

M-এর মান যখন অতি উচ্চ হয় তখন ত্বরণ f-এর মান হইবে

$$f = \lim_{M \to \infty} \frac{M - 250}{M + 250} \cdot g$$

$$= \lim_{M \to \infty} \frac{1 - \frac{250}{M}}{1 + \frac{250}{M}} \cdot g = g$$

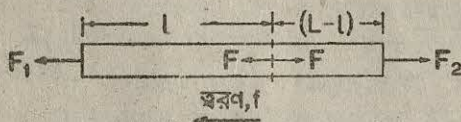
কাজেই, অন্য বস্তুটির ভর অতি উচ্চ হইলে উভয় বস্তুই প্রায় g ত্বরণ লইয়া চলে। এক্ষেত্রে 250 g ভরবিশিষ্ট বস্তুটির ত্বরণ হইবে ঊর্ধ্বমুখী। এখন, m ভরবিশিষ্ট কোন বস্তুকে g ত্বরণে ঊর্ধ্বমুখে তুলিতে হইলে ইহার উপর $2\,mg$ মানের ঊর্ধ্বমুখী বল প্রয়োগ করিতে হইবে। অর্থাৎ, বস্তুর ওজনের দ্বিগুণ মানের ঊর্ধ্বমুখী বল প্রয়োগ করিলে তবেই বস্তুটি g ত্বরণে উপরের দিকে উঠে। সুতরাং, এক্ষেত্রে তারের টান হইবে

2×250 gf বা 500 gf।

621. দণ্ডটির মোট ভর M হইলে ইহার বাম অংশের ভর, $m_1 = \frac{M}{L} \cdot l$ এবং ইহার ডান অংশের ভর, $m_2 = \frac{M}{L}(L - l)$ (চিত্র 357)। মনে করি, বাম প্রান্ত

l —— (L-l)

F_1 ← F ← → F → F_2

ত্বরণ, f

চিত্র 357

হইতে l দূরত্বে অবস্থিত প্রস্থচ্ছেদে F মানের অনুদৈর্ঘ্য বল ক্রিয়া করিতেছে। বলাধীন দণ্ডটির উভয় অংশের ত্বরণ (f) সমান।

এই দুই অংশের গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

$$m_1 f = F_1 - F$$

এবং $m_2 f = F - F_2$

বা, $$F = \frac{m_1 F_2 + m_2 F_1}{m_1 + m_2} \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

উপরের সমীকরণে m_1 এবং m_2-এর মান বসাইয়া পাই,

$$F = F_1 \cdot \frac{L - l}{L} + F_2 \cdot \frac{l}{L}$$

622. মনে করি, B এবং C ব্লকের মধ্যবর্তী অংশে তারের টান $= T$ (চিত্র 358)

M_3 ব্লকের উপর ক্রিয়াশীল নিম্নাভিমুখী অসম বল

$$P = (M_3 g - T) \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

M_3 ব্লকের নিম্নমুখী ত্বরণ f হইলে লেখা যায়,

$$P = M_3 f \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

কাজেই, সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে লেখা যায়,

$$M_3 f = M_3 g - T$$

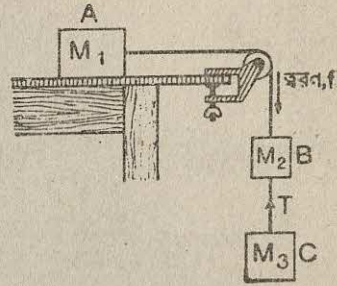
বা, $T = M_3(g - f)$ ... (iii)

কিন্তু, তারের সহিত যুক্ত ব্লক তিনটির ত্বরণ,

$$f = \frac{(M_2 + M_3)g}{M_1 + M_2 + M_3} \quad \cdots \quad (iv)$$

(iii) নং সমীকরণে f-এর এই মান বসাইয়া পাই,

$$T = M_3 g \left\{1 - \frac{M_2 + M_3}{M_1 + M_2 + M_3}\right\}$$

$$= \frac{M_1 M_3 g}{M_1 + M_2 + M_3}$$

চিত্র 358

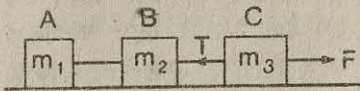
623. তারটির প্রতি একক দৈর্ঘ্যের ভর m হইলে তারটির উপর ক্রিয়াশীল অসম বল,

$$P = x.m\,g - (l - x).m.g = (2x - l).m.g$$

$$\text{তারটির ত্বরণ} = \frac{\text{তারে ক্রিয়াশীল অসম বল}}{\text{তারের ভর}}$$

$$= \frac{(2x - l)\,m.g}{m.l} = \left(\frac{2x - l}{l}\right) \cdot g$$

624. F বলের ক্রিয়াধীন হইবার ফলে ঘর্ষণহীন অনুভূমিক তল বরাবর ব্লক তিনটির ত্বরণ, $f = \dfrac{F}{m_1 + m_2 + m_3}$ ... (i)

মনে করি, B এবং C অংশে তারের টান T (চিত্র 359)।

চিত্র 359

তাহা হইলে কেবলমাত্র C ব্লকের গতি বিবেচনা করিয়া লেখা যায়,

C ব্লকে ক্রিয়াশীল অসম বল

$= m_3 \times$ C ব্লকের ত্বরণ

বা, $(F - T) = m_3 \times f$ ... (ii)

সমীকরণ (i) হইতে f-এর মান বসাইয়া পাই,

$$F - T = \frac{m_3 \times F}{m_1 + m_2 + m_3}$$

বা, $T = F \times \left(1 - \dfrac{m_3}{m_1 + m_2 + m_3}\right) = \left(\dfrac{m_1 + m_2}{m_1 + m_2 + m_3}\right). F$

625. মই-এর উপরের প্রান্তে (A) দেওয়াল-কর্তৃক প্রযুক্ত লম্ব-প্রতিক্রিয়া $= R_1$; মই-এর নীচের প্রান্তে (B) ভূমি-কর্তৃক প্রযুক্ত লম্ব-প্রতিক্রিয়া $= R_2$ এবং ঘর্ষণ বল $= F_{fr}$ (চিত্র 360)। আলোচনার জন্য এক্ষেত্রে আমরা মই-এর ওজন উপেক্ষা করিব।

লোকটি M বিন্দুতে থাকিলে তাহার ওজন W। M বিন্দু হইতে নিম্নাভিমুখে ক্রিয়াশীল হইবে। এ অবস্থায় মইটি সাম্যাবস্থায় থাকিলে লেখা যায়,

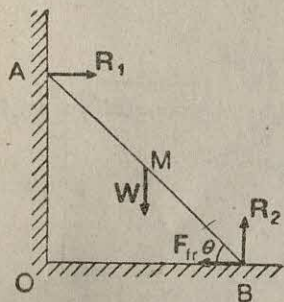
চিত্র 360

$$R_1 = F_{fr} \quad \cdots \quad (i)$$

$$R_2 = W \quad \cdots \quad (ii)$$

এবং $R_1 \times AO = W \times MB \cos\theta \quad \cdots \quad (iii)$

এখানে θ হইল অনুভূমিক তলের সহিত মই-এর আনতি।

(iii) নং সমীকরণ হইতে দেখা যাইতেছে যে, লোকটি মই বাহিয়া যত উপরে উঠিবে R_1-এর মানও তত বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে।

আবার, (i) হইতে আমরা জানি যে, $R_1 = F_{fr}$

সুতরাং, লোকটি মই বাহিয়া যত উপরে উঠিবে ভূমির ঘর্ষণ-বলও তত বাড়িতে থাকিবে। কিন্তু ঘর্ষণ-বল μR_2 বা μW অপেক্ষা বেশি হইতে পারে না। লোকটি মই বাহিয়া একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় উঠিলে এই সীমাস্থ অবস্থার সৃষ্টি হইবে। লোকটি ঐ উচ্চতা অপেক্ষা বেশি উঠিলেই মই পিছলাইয়া যাইবে, কেননা ঘর্ষণ-বল উহার সীমাস্থ মান অপেক্ষা বাড়িতে পারে না।

626. যখন একটি বস্তু সম-ভরের অন্য একটি বস্তুর সহিত মুখোমুখি (head-on) স্থিতিস্থাপক সংঘাতে লিপ্ত হয় তখন উহারা পরস্পর গতিবেগ লেনদেন (interchange) করে। অর্থাৎ, প্রথম বস্তুর সংঘাতোত্তর বেগ দ্বিতীয় বস্তুর সংঘাত-পূর্ব বেগের সমান এবং দ্বিতীয় বস্তুর সংঘাতোত্তর বেগ প্রথম বস্তুর সংঘাত-পূর্ব বেগের সমান হয়। কাজেই, যখন C বস্তুটি v_0 বেগে আসিয়া A বস্তুর সহিত স্থিতিস্থাপক সংঘাত ঘটায় সে মুহূর্তে C বস্তুটি স্থির অবস্থায় আসে এবং A বস্তুটি v_0 বেগ লাভ করে। A বস্তুর বেগ অবশ্য ঐ মানে স্থির থাকে না। কারণ ইহা সামনের দিকে আগাইতে থাকিলে স্প্রিংটি সংনমিত হইতে থাকে এবং ইহার ফলে ঐ স্প্রিং A এবং B বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করে।

প্রদত্ত শর্তানুসারে, t_0 সময়ে A এবং B বস্তুর বেগ সমান হয়। কাজেই শক্তির সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়,

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2}(2m) v^2 + \frac{1}{2} k x_0^2 \quad \cdots \quad (i)$$

(প্রাথমিক শক্তি) (অন্তিম গতিশক্তি)

এখানে, $\frac{1}{2} K x_0^2$ হইল t_0 সময়ে স্প্রিং-এর স্থিতিস্থাপকতাজনিত স্থিতিশক্তি (K = স্প্রিং ধ্রুবক)।

আবার, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হইতে লেখা যায়,

$$m v_0 = m v + 2 m v \quad \cdots \quad (ii)$$

বা, $v = \frac{v_0}{3} \quad \cdots \quad (iii)$

ইহাই t_0 সময়ে A এবং B বস্তুর সাধারণ বেগ।

(i) নং সমীকরণ হইতে পাই, $mv_0^2 = 3mv^2 + kx_0^2$ ... (iv)

(iii) নং সমীকরণ ব্যবহার করিয়া লেখা যায়,

$$mv_0^2 = 3m\left(\frac{v_0}{3}\right)^2 + kx_0^2$$

$$\text{বা, } \tfrac{2}{3}mv_0^2 = kx_0^2 \quad \text{বা, স্প্রিং ধ্রুবক} = \tfrac{2}{3}\frac{mv_0^2}{x_0^2}$$

627. বিস্ফোরণের আগে গাড়ি দুইটির ভরবেগ শূন্য ছিল। কাজেই, বিস্ফোরণের পরেও গাড়ি দুইটির মোট ভরবেগ শূন্য হইবে।

$$\text{অর্থাৎ, } m_1v_1 + m_2v_2 = 0$$

এখানে v_1 এবং v_2 হইল প্রথম এবং দ্বিতীয় গাড়ির সংঘাতোত্তর বেগ।

$$\therefore \frac{v_1}{v_2} = -\frac{m_2}{m_1}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \left(\frac{m_2}{m_1}\right)^2 \quad \ldots \quad (i)$$

উভয় গাড়িই চলিবার সময় ভূমির ঘর্ষণের বিরুদ্ধে কার্য করিবে, এবং ঘর্ষণের বিরুদ্ধে কৃতকার্য গাড়ির প্রাথমিক গতিশক্তির (সংঘাতোত্তর গতিশক্তির) সমান হইলে গাড়ি থামিয়া যাইবে।

প্রথম গাড়ির ক্ষেত্রে ঘর্ষণ-বল $F_1 = \mu m_1 g$

ইহা s দূরত্ব অতিক্রম করিয়া স্থির অবস্থায় আসে বলিয়া লেখা যায়,

$$\tfrac{1}{2}m_1v_1^2 = \mu m_1 g.\, s$$

$$\text{বা, } v_1^2 = 2\mu gs \quad \ldots \quad (ii)$$

অনুরূপভাবে, দ্বিতীয় গাড়িটি s' দূরত্ব অতিক্রম করিয়া স্থির হইলে লেখা যায়,

$$\tfrac{1}{2}m_2v_2^2 = \mu m_2 g.\, s'$$

$$\text{বা, } v_2^2 = 2\mu g\, s' \quad \ldots \quad (iii)$$

(ii) এবং (iii) হইতে পাই, $s' = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2.\, s$ ... (iv)

(i) নং সমীকরণ হইতে $(v_2/v_1)^2$-এর মান বসাইয়া পাই,

$$s' = \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^2.\, s$$

628. (i) বুলেট ছোঁড়ার আগে ব্লক, বন্দুক এবং বুলেটের মোট ভরবেগ ছিল শূন্য। কাজেই, বুলেট ছোঁড়ার অব্যবহিতকাল পর ব্লক এবং বন্দুকের বেগ V হইলে লেখা যায়,

$$(M-m)\,V + mv = 0 \quad [\text{ ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র অনুসারে }]$$

$$\text{বা, } V = -\left(\frac{m}{M-m}\right).v$$

ইহাই বুলেট ছোঁড়ার অব্যবহিতকাল পরে ব্লকের দ্রুতির মান।

(ii) বন্দুকসহ ব্লকের ভরবেগ এবং বুলেটের ভরবেগ পরস্পর সমান এবং বিপরীতমুখী হইলে বুলেট ব্লকের দেওয়ালে বিদ্ধ হইয়া আটকাইয়া গেলে আলোচ্য সংস্থার মোট ভরবেগ শূন্য হইবে। কাজেই ব্লকটির অন্তিম দ্রুতি শূন্য হইবে।

629. সংঘাতের অব্যবহিতকাল পর ব্লক এবং বুলেটের বেগ V হইলে লেখা যায়,

$$(M+m)\,V = mv$$

$$\text{বা, } \quad V = \frac{mv}{M+m}$$

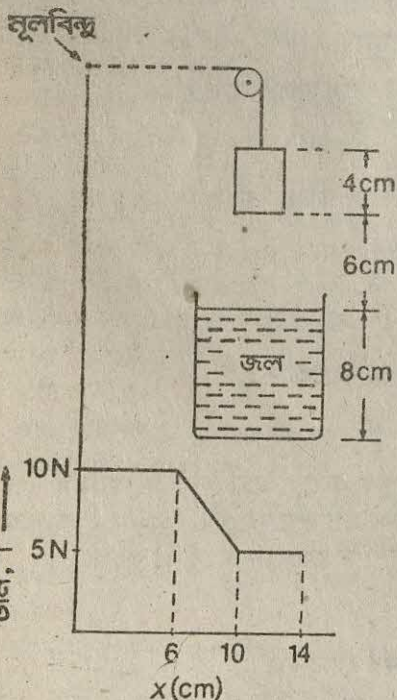
কাজেই, ব্লক এবং বুলেটের সংঘাতের পর ব্লক-বুলেট সংস্থার গতিশক্তি

$$E = \frac{1}{2}(M+m).\,V^2 = \frac{1}{2}\,\frac{(mv)^2}{M+m}\,.$$

এই গতিশক্তির দরুন ব্লকটি আগাইতে থাকিবে এবং স্প্রিংটি সংনমিত হইতে থাকিবে। এই প্রক্রিয়ায় ব্লক-বুলেট-এর গতিশক্তি স্প্রিং-এ স্থিতিশক্তিরূপে সঞ্চিত হইতে থাকিবে। ব্লক-বুলেট সংস্থার গতিশক্তি সম্পূর্ণভাবে স্প্রিং-এর স্থিতিশক্তিতে রূপান্তরিত হইলে স্প্রিং-এর সংনমন সর্বোচ্চ হইবে। কাজেই, স্প্রিং-এর সর্বোচ্চ সংনমন x_0 হইলে লেখা যায়,

$$\frac{1}{2}\,\frac{(mv)^2}{M+m} = \frac{1}{2}k.\,x_0^2$$

$$\text{সুতরাং, } x_0 = \frac{mv}{\sqrt{k(M+m)}}$$

630. 361 নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে, চোঙটি 6 cm নামিবার পর উহা বীকারের জলের তলটি স্পর্শ করিবে। সুতরাং x-এর মান 6 cm অপেক্ষা বেশি না হইলে তারের টানের কোনরূপ পরিবর্তন হইবে না। অর্থাৎ, x-এর মানের এই পাল্লায় (range) তারের টান 10 N-এ স্থির থাকে। ইহার পর x-এর মান আরও বাড়াইলে চোঙটি জলে নিমজ্জিত হইতে থাকে বলিয়া জলের প্লবতার দরুন তারের টান পরিবর্তিত হইতে থাকে। চোঙের উপর ক্রিয়াশীল প্লবতার মান চোঙের নিমজ্জিত অংশের দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক। চোঙটি সম্পূর্ণভাবে জলে নিমজ্জিত হইবার পর x-এর মান বৃদ্ধি করিলে প্লবতার আর কোন পরিবর্তন হইবে না। ফলে ইহার পর তারের টানও আর কমিবে না। চোঙটি সম্পূর্ণ নিমজ্জিত হইলে তারের টান হইবে 5N, কেননা চোঙের উপাদানের ঘনত্ব জলের ঘনত্বের দ্বিগুণ। কাজেই, 6 cm হইতে 10 cm

চিত্র 361

—এই পাল্লায় তারের টান রৈখিকভাবে (linearly) কমিয়া 5N হইবে। ইহার পর

চোঙটি বীকারের তলদেশ স্পর্শ করা পর্যন্ত তারের টান 5N-এই স্থির থাকিবে (চিত্র 361)।

631. পাত্র দুইটির ভূমি যে-তলে বিদ্যমান উহাকে নির্দেশ তল (reference plane) ধরিলে দুই পাত্রের তরলের প্রাথমিক স্থিতিশক্তি

$$E_p = (Ah_1\rho g)\times\frac{h_1}{2} + (Ah_2\rho g)\times\frac{h_2}{g}$$

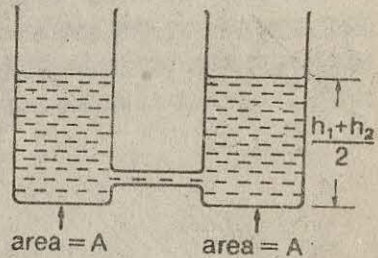
$$= \frac{A\rho g}{2}(h_1^2 + h_2^2) \quad \cdots \quad (i)$$

যখন দুই পাত্রের তরলের লেভেল সমান হয় (চিত্র 362)। তখন উভয় পাত্রে তরলের উচ্চতা হয়

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} \quad \cdots \quad (ii)$$

কাজেই, দুই পাত্রের তরলের অন্তিম স্থিতিশক্তি

$$E_p' = 2\left[(Ah\rho g)\times\frac{h}{2}\right] = A\rho g \cdot h^2$$

$$= A\rho g\left(\frac{h_1 + h_2}{2}\right)^2 \quad \text{(চিত্র 362)}$$

চিত্র 362

$$\text{বা,}\quad E_p' = \frac{A\rho g}{4}(h_1 + h_2)^2 \quad \cdots \quad (iii)$$

সংস্থার অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তির হ্রাস = অভিকর্ষ বল কর্তৃক কৃতকার্য

$$= E_p' - E_p$$

$$= \frac{A\rho g}{4}[2(h_1^2 + h_2^2) - (h_1 + h_2)^2]$$

$$= \frac{A\rho g}{4}[h_1 - h_2]^2 = \text{ধনাত্মক রাশি}$$

632. মনে করি, বস্তুটির ওজন W, বস্তুটির প্রাথমিক আয়তন V এবং তরলের প্রাথমিক ঘনত্ব ρ।

কাজেই, প্রথমে স্প্রিং তুলার পাঠ, $R = W - V.\rho.g \quad \cdots \quad (i)$

এখানে g হইল অভিকর্ষজ ত্বরণ।

তরলের উষ্ণতা θ ডিগ্রী বৃদ্ধি করিলে বস্তুটির আয়তন হইবে

$$V' = V(1 + 3.\alpha\theta) \quad \cdots \quad (ii)$$

এখানে α হইল বস্তুটির রৈখিক প্রসারণ গুণাঙ্ক।

উষ্ণতা বৃদ্ধির পর তরলের ঘনত্ব হইবে

$\rho' = \rho(1 - \gamma\theta)$ [এখানে, γ = তরলের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক]

এখন, প্রশ্নের শর্তানুসারে $\gamma = 2\alpha$ বলিয়া লেখা যায়,

$$\rho' = \rho(1 - 2\alpha\theta)$$

উষ্ণতা বৃদ্ধির পর স্প্রিং তুলার পাঠ $R'=W-V'.\rho'.g$

বা, $R'=W-V\,(1+3\alpha\theta).\ \rho\,(1-2\alpha\theta).\ g$

বা, $R'=W-V\rho g\,(1+\alpha\theta)$ ... (iii)

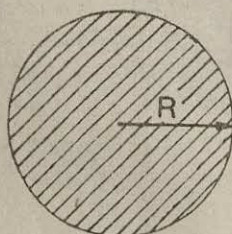
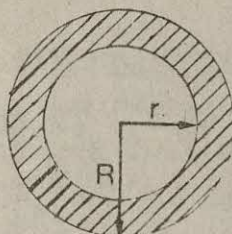
[α^2 উপেক্ষণীয় বলিয়া]

(ii) এবং (iii) তুলনা করিয়া পাই,

$R'=W-V\rho g-V.\rho g.(\alpha\theta)=R-V\rho g\alpha\theta$

স্পষ্টতই, $R'<R$

অর্থাৎ, তরলের উষ্ণতা বাড়িলে এক্ষেত্রে স্প্রিং তুলার পাঠ কমিবে।

633. ফাঁপা গোলকটির বহির্ব্যাসার্ধ নিরেট গোলকটির ব্যাসার্ধের সমান বলিয়া উভয় গোলকের বহিস্তলের ক্ষেত্রফল সমান। এখন, উভয় গোলককেই একই উষ্ণতায় তোলা হইলে একই পরিপার্শ্বে ইহারা একই হারে তাপ হারাইতে শুরু করিবে, কেননা উভয় গোলকের বহিস্তলের প্রকৃতি, ক্ষেত্রফল এবং প্রাথমিক উষ্ণতা সমান।

চিত্র 363

উভয় গোলকের প্রাথমিক তাপক্ষয়ের হার সমান হইলেও ইহাদের ভর সমান নয়। কাজেই ইহাদের শীতলীভবনের হারও এক হইবে না। আমরা জানি যে,

তাপক্ষয়ের হার = ভর × আপেক্ষিক তাপ × উষ্ণতা হ্রাসের হার

উভয় গোলকের ক্ষেত্রে প্রারম্ভিক তাপক্ষয়ের হার সমান বলিয়া এবং ইহারা একই উপাদানের তৈরী (আপেক্ষিক তাপ উভয়ক্ষেত্রে সমান) বলিয়া যে-গোলকের ভর কম উহার প্রারম্ভিক উষ্ণতা-হ্রাসের হার বেশি হইবে। ফাঁপা গোলকটির ভর নিরেট গোলকের তুলনায় কম বলিয়া ফাঁপা গোলকটির উষ্ণতা-হ্রাসের হারই বেশি হইবে।

634. মনে করি, জলের পরিমাণ $=m$ g।

বৈদ্যুতিক হিটার প্রতি মিনিটে h ক্যালরি তাপ সরবরাহ করিলে 7·5 মিনিটে জল 7·5 h ক্যালরি তাপ পায়। এই তাপ পাইয়া m g জল 0°C হইতে স্ফুটনাঙ্ক 100°C-এ উঠে। কাজেই লেখা যায়

$$m\times 100=7{\cdot}5\ h \qquad \ldots \quad \text{(i)}$$

জলের বাষ্পীভবনের লীন তাপ L cal/g হইলে সম্পূর্ণ জলকে বাষ্পে পরিণত করিতে প্রয়োজনীয় তাপ $=mL$ cal। হিটার 40 মিনিটে এই তাপ সরবরাহ করে বলিয়া লেখা যায়

$$m \times L = 40\ h \quad \cdots \quad (ii)$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$L = \frac{40}{7 \cdot 5} \times 100 = 533 \cdot 3$$

কাজেই, জলের বাষ্পীভবনের লীন তাপ=533·3 ক্যালরি/গ্রাম।

635. মনে করি, প্রারম্ভিক অবস্থায় পাত্রে জলের পরিমাণ m g এবং দ্রুত বাষ্পীভবনের ফলে ইহার x ভগ্নাংশ জমিয়া বরফে পরিণত হয়। কাজেই, $(1-x)m$ g জল বাষ্পীভূত হইবার সময় যে-তাপ শোষণ করে সেই তাপ বর্জন করিয়াই বাকি mx g জল বরফে পরিণত হয়।

0°C উষ্ণতায় $(1-x)m$ g জল বাষ্পে পরিণত হইবার সময় যে-তাপ শোষণ করে তাহার পরিমাণ $(1-x)m \times 540$ cal, এবং mx g জল বরফে পরিণত হইতে যে-তাপ বর্জন করে তাহার পরিমাণ $mx \times 80$ cal।

প্রশ্নানুসারে, এই দুই তাপের পরিমাণ সমান। অর্থাৎ,

$$mx \times 80 = (1-x)m \times 540$$

বা, $80x = 540 - 540x$

বা, $620x = 540$

বা, $x = 0 \cdot 87$ (প্রায়)

সুতরাং, বাষ্পীভবনের ফলে পাত্রের জলের শতকরা 87 ভাগ বরফে পরিণত হইতে পারে।

636. ঘরের উষ্ণতা যদি দেহের উষ্ণতা অপেক্ষা বেশি হয় তবে ডাক্তারী থার্মোমিটার ঘরের উষ্ণতাই নির্দেশ করিবে কেননা ডাক্তারী থার্মোমিটার একটি সর্বোচ্চ উষ্ণতামাপক থার্মোমিটার। এক্ষেত্রে থার্মোমিটার বাল্‌বের পারদের উষ্ণতা বায়ুর উষ্ণতার (এক্ষেত্রে 42°C) সমান হয় বলিয়া থার্মোমিটার ঝাঁকিয়াও থার্মোমিটারের উষ্ণতার পাঠ দেহের উষ্ণতার নিচে আনা যায় না। এইরূপ ক্ষেত্রে ডাক্তারী থার্মোমিটার ব্যবহার করিয়া দুই ভাবে দেহের উষ্ণতা মাপা যাইতে পারে।

থার্মোমিটারকে একটি রেফ্রিজারেটারের মধ্যে কিছুক্ষণ রাখিয়া ইহার পারদের উষ্ণতা দেহের উষ্ণতার অনেক তলায় নামান যায়। ইহার পর থার্মোমিটার ঝাঁকিলে থার্মোমিটারের পাঠ দেহের উষ্ণতার অনেক তলায় আসিবে। এইবার, থার্মোমিটারের বাল্‌বটিকে রোগীর মুখে কিংবা বগলে কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে থার্মোমিটারের পারদ ধীরে ধীরে দেহের উষ্ণতা লাভ করিবে এবং থার্মোমিটারের পারদসূত্র দেহের উষ্ণতা নির্দেশ করিবে। থার্মোমিটার বাল্‌বটিকে দেহের সংস্পর্শে রাখিয়া উষ্ণতার পাঠ লইলে এক্ষেত্রে দেহের উষ্ণতা পাওয়া যাইবে। দেহের বাহিরে আসিয়া পাঠ লইতে গেলে ঘরের উষ্ণতর বায়ুর সংস্পর্শে আসিয়া উষ্ণতার পাঠ বাড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা এড়ান যায় না। অবশ্য দেহের বাহিরে আনিয়া অতি দ্রুত থার্মোমিটারের পাঠ লইতে পারিলে এক্ষেত্রে উষ্ণতা-পরিমাপের ত্রুটি উপেক্ষণীয় হইতে পারে। উষ্ণতার পাঠ লইতে যত দেরি হইবে পরিমাপের ত্রুটিও তত বেশি হইবে।

যদি রেফ্রিজারেটর হাতের কাছে না থাকে তবে অন্য পদ্ধতিতে দেহের উষ্ণতার পাঠ লইতে হইবে। থার্মোমিটারের পাঠ এক্ষেত্রে দেহের উষ্ণতা অপেক্ষা বায়ুর উষ্ণতা 42°C বলিয়া থার্মোমিটার ঝাঁকিয়াও উষ্ণতার পাঠ 42°C-এর নিচে নামান যাইবে না সত্য, কিন্তু থার্মোমিটারের বাল্‌বটিকে রোগীর মুখে কিংবা বগলের মধ্যে দীর্ঘ সময় রাখিয়া দিলে পারদের উষ্ণতা দেহের উষ্ণতার সমান হইবে। ইহা সত্ত্বেও অবশ্য উষ্ণতার পাঠ 42°C-এই থাকিয়া যাইবে, কেননা থার্মোমিটারের পারদসূত্র বাল্‌বের উপরের বাঁকানো অংশ অতিক্রম করিয়া নামিয়া যাইতে পারিবে না। তবে, দেহ হইতে বাহির করিয়া থার্মোমিটারটি ঝাঁকাইলে পারদসূত্র নামিয়া আসিবে এবং দেহের উষ্ণতার পাঠ দিবে। দ্রুত এই পাঠ লইতে হইবে, নতুবা ঘরের উষ্ণতর বায়ুর সংস্পর্শে আসিয়া বাল্‌বের উষ্ণতা বাড়িতে থাকিবে, ফলে থার্মোমিটারের পাঠও বাড়িবে।

637. প্রথম দেওয়ালের তুল্য তাপ-পরিবাহিতা

$$K_I = \frac{2K_1K_2}{K_1 + K_2}$$

দ্বিতীয় দেওয়ালের তুল্য তাপ-পরিবাহিতা

$$K_{II} = \frac{K_1 + K_2}{2}$$

[এই দুই সম্পর্কের প্রমাণ অনুশীলন হিসাবে ছাত্রছাত্রীদের উপর ছাড়িয়া দেওয়া হইল।]

এখন, $(K_1 - K_2)^2 > 0$

বা, $(K_1 + K_2)^2 > 4K_1K_2$

বা, $K_1 + K_2 > \frac{4K_1K_2}{K_1 + K_2}$

বা, $\frac{K_1 + K_2}{2} > \frac{2K_1K_2}{K_1 + K_2}$

বা, $K_{II} > K_I$

অর্থাৎ, দ্বিতীয় দেওয়ালের তুল্য তাপ-পরিবাহিতাঙ্ক প্রথম দেওয়ালের তুল্য তাপ-পরিবাহিতাঙ্ক অপেক্ষা বেশি হইবে।

638. যে-গ্যাসীয় পদার্থকে কেবলমাত্র চাপ প্রয়োগ করিয়া তরলে পরিণত করা যায় তাহাকে বাষ্প এবং যে-গ্যাসীয় পদার্থকে কেবলমাত্র চাপ প্রয়োগ করিয়া তরলে পরিণত করা যায় না তাহাকে গ্যাস বলা হয়। কোন গ্যাসীয় পদার্থের উষ্ণতা উহার সঙ্কট উষ্ণতার বেশি হইলে কেবলমাত্র চাপ প্রয়োগ করিয়া উহাকে তরলে পরিণত করা যায় না। কাজেই যে-গ্যাসীয় পদার্থের উষ্ণতা সঙ্কট উষ্ণতা অপেক্ষা বেশি তাহাকে গ্যাস বলা হয়। আবার, কোন গ্যাসীয় পদার্থের উষ্ণতা উহার সঙ্কট উষ্ণতার কম হইলে চাপ প্রয়োগ করিয়া উহাকে তরলে পরিণত করা যায়। কাজেই, যে-গ্যাসীয় পদার্থের উষ্ণতা সঙ্কট উষ্ণতার কম তাহাকে বাষ্প বলা হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্কট উষ্ণতা 31·4°C। কাজেই, 25°C উষ্ণতার কার্বন ডাই-অক্সাইডকে গ্যাস না বলিয়া বাষ্প বলাই যুক্তিযুক্ত।

639. মনে করি, যে-প্রকোষ্ঠে m g গ্যাস আছে উহার চাপ, আয়তন এবং উষ্ণতা যথাক্রমে P_1, V_1, এবং T_1 ; এবং যে-প্রকোষ্ঠে $2m$ g গ্যাস আছে উহার চাপ, আয়তন এবং উষ্ণতা যথাক্রমে P_2, V_2 এবং T_2 । গ্যাসের সমীকরণ হইতে লেখা যায়,

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\left(\frac{m}{M}\right).RT \quad \dots \quad (i)$$

এবং $$\frac{P_2V_2}{T_2}=\left(\frac{2m}{M}\right).RT \quad \dots \quad (ii)$$

এখানে M হইল আলোচ্য গ্যাসের গ্রাম-আণবিক ভর।

(i) এবং (ii) হইতে পাই,

$$\frac{P_2V_2}{T_2}=2.\frac{P_1V_1}{T_1}$$

চিত্র 364

সাম্যাবস্থায়, $T_1=T_2$ এবং $P_1=P_2$ হইবে। কাজেই, এক্ষেত্রে

$$V_2=2V_1 \quad \dots \quad (iii)$$

চোঙের মোট আয়তন V হইলে লেখা যায়,

$$V=V_1+V_2$$

(iii) নং সমীকরণ হইতে V_1-এর মান বসাইয়া পাই,

$$V=\frac{V_2}{2}+V_2=\frac{3}{2}V_2$$

বা, $$V_2=\frac{2}{3}V$$

অর্থাৎ, যে-প্রকোষ্ঠে $2m$ g গ্যাস আছে উহা চোঙের দুই-তৃতীয়াংশ আয়তন জুড়িয়া থাকে।

640. শৃঙ্খলের একপ্রান্ত x দূরত্ব উঠিলে অন্য প্রান্ত x দূরত্ব নামিবে। ইহাতে একপ্রান্তের ওজন অন্য প্রান্তের ওজন অপেক্ষা বেশি হইবে। শৃঙ্খলের প্রতি একক দৈর্ঘ্যের ভর m হইলে শৃঙ্খলের উপর ক্রিয়াশীল প্রত্যানয়ক বল (restoring force)-এর মান

$$F=m(h+x)g-m(h-x)g=2mxg$$

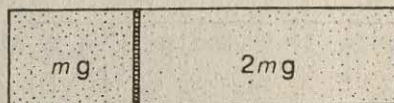
এক্ষেত্রে, প্রত্যানয়ক বল সরণের সমানুপাতিক। কাজেই, শৃঙ্খলটি সরল-দোল গতি সম্পাদন করিতে থাকিবে।

শৃঙ্খলের মোট ভর, $M=2mh$

কাজেই, শৃঙ্খলের ত্বরণ, $$f=\frac{F}{M}=\frac{2mxg}{2mh}=\frac{g}{h}.x \quad \dots \quad (i)$$

আমরা জানি যে, সরল-দোল গতির ক্ষেত্রে

$$f=\omega^2.x \quad \dots \quad (ii)$$

এখানে ω হইল সরল দোল গতির আনুষঙ্গিক নির্দেশক বিন্দুর কৌণিক বেগ।

(i) এবং (ii) নং সমীকরণ তুলনা করিয়া পাই,

$$\omega=\sqrt{\frac{g}{h}}$$

$$\therefore \text{ দোলনকাল } T=\frac{2\pi}{\omega}=2\pi\sqrt{\frac{h}{g}}$$

641. মনে করি, হ্রদের তলার কোন বিন্দু B হইতে নিঃসৃত ক্ষুদ্র পরিসরের রশ্মিগুচ্ছ জলের পৃষ্ঠে প্রতিসৃত হইয়া B' বিন্দু হইতে আসিতেছে বলিয়া মনে হয়, (চিত্র 365)।

চিত্র 365

Δi এবং Δr কোণগুলি ক্ষুদ্র বলিয়া লেখা যায়,

$$CD=CB.\Delta r=\frac{H}{\cos r}\cdot\Delta r \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

$$CD'=CB'.\Delta i=\frac{h}{\cos i}\cdot\Delta i \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

$\triangle$ CAD হইতে পাই,

$$CA=\frac{CD}{\frac{CD}{CA}}=\frac{CD}{\cos r}$$

এখন, $CD=CB.\Delta r$ বলিয়া লেখা যায়,

$$CA=\frac{CB}{\cos r}\cdot\Delta r$$

আবার Δr অতি ক্ষুদ্র কোণ বলিয়া লেখা যায়, $CB=AB$

$$\therefore \quad CA=\frac{AB}{\cos r}\cdot\Delta r=\frac{H}{\cos^2 r}\cdot\Delta r \quad \left[\because \quad AB=\frac{H}{\cos r}\right]\cdots \quad \text{(iii)}$$

অনুরূপভাবে, $\triangle CAD'$ হইতে পাই,

$$CA=\frac{CD'}{\frac{CD'}{CA}}=\frac{CD'}{\cos i}$$

এখন, $CD'=CB'.\ \Delta i$ বলিয়া লেখা যায়,

$$CA=\frac{CD'}{\cos i}=\frac{CB'}{\cos i}\cdot\ \Delta i$$

আবার Δi অতি ক্ষুদ্র বলিয়া লেখা যায়, $CB'=AB'$

$$\therefore \quad CA=\frac{AB'}{\cos i}\cdot\Delta i=\frac{h}{\cos^2 i}\cdot\Delta i \quad \left[\because \quad AB'=\frac{h}{\cos i}\right] \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

(iii) এবং (iv) হইতে পাই,

$$\frac{H}{\cos^2 r}.\ \Delta r=\frac{h}{\cos^2 i}.\ \Delta i \quad \cdots \quad (v)$$

জলের প্রতিসরাঙ্ক n হইলে লেখা যায়,

$$\frac{\sin\ (i+\Delta i)}{\sin\ (r+\Delta r)}.\ =n$$

বা, $\sin i \cos \Delta i+\cos i.\ \sin\Delta i=n\ [\sin r \cos \Delta r+\cos r.\ \sin \Delta r] \quad \cdots \quad (vi)$

কিন্তু $\sin\Delta i\approx\Delta i,\ \cos\Delta i\approx 1,\ \sin\Delta r=\Delta r$ এবং $\cos\Delta r=1$ বলিয়া (vi) হইতে লেখা যায়,

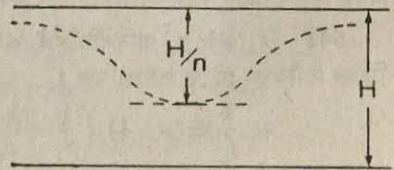
$$\sin i+\Delta i \cos i=n[\sin r+\cos r.\ \Delta r]$$

বা, $\Delta i \cos i=n.\ \cos r.\ \Delta r \quad [\because\ \sin i=n \sin r.]$

$$\therefore\ \frac{\Delta i}{\Delta r}=n.\ \frac{\cos r}{\cos i}$$

(v) নং সমীকরণে এই মান বসাইয়া পাই,

$$h=\frac{H \cos^3 i}{n \cos^3 r}=\frac{H}{n}\cdot\ \frac{\cos^3 i}{\left(1-\dfrac{\sin^2 i}{n^2}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

লক্ষণীয় যে, $i=0$ হইলে $h=\frac{H}{n}$ হইবে। i যত বড় হইবে h-এর মান তত ছোট হইতে থাকিবে। i-এর সহিত h-এর কীরূপ পরিবর্তন হইবে তাহা কাটা লাইনের দ্বারা অঙ্কিত চিত্রের সাহায্যে দেখান হইয়াছে (চিত্র 366)।

চিত্র 366

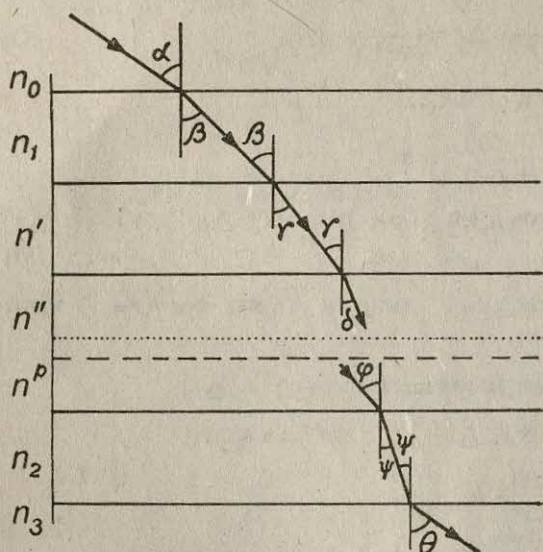
642. আলোচ্য পাতের প্রতিসরাঙ্ক সর্বত্র সমান নয়। এক প্রান্তে ইহার মান n_1 এবং অন্য প্রান্তে ইহার মান n_2 এবং প্রতিসরাঙ্কের এই পরিবর্তন নিরবচ্ছিন্ন। মনে করি, পাতটিকে অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পাতে ভাগ করা হইয়াছে। এই পাতগুলি এত ক্ষুদ্র যে ইহাদের পরিসরে প্রতিসরাঙ্কের মান স্থির আছে এইরূপ ধরা যায়। মনে করি, এই পাতগুলির প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে $n_1,\ n',\ n'',\ n''',\ \ldots\ldots,\ n^p,\ n_2$। মনে করি, আলোচ্য পাতটির এক পার্শ্বের মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক n_0 এবং অন্য পার্শ্বের মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক n_s (চিত্র 367)। প্রথম পৃষ্ঠে কোন আলোক-রশ্মি α কোণে আপতিত হইলে ইহা পাতটির বিভিন্ন স্তরে প্রতিসৃত হইয়া অন্য পৃষ্ঠ হইতে θ কোণে বাহির হইয়া আসে। মনে করি, নিষ্ক্রান্ত রশ্মিটি পাতের অভিলম্বের সহিত θ কোণ করিয়া থাকে।

প্রতিসরণের সূত্র প্রয়োগ করিয়া 367 নং চিত্র হইতে পাই,

চিত্র 367

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}=\frac{n_1}{n_0}$$
$$\frac{\sin \beta}{\sin \gamma}=\frac{n'}{n_1}$$
$$\frac{\sin \gamma}{\sin \delta}=\frac{n''}{n'}$$
... ...
... ...
$$\frac{\sin \phi}{\sin \Psi}=\frac{n_2}{n^p}$$
$$\frac{\sin \Psi}{\sin \theta}=\frac{n_3}{n_2}$$

উপরের সমীকরণগুলির উভয় পার্শ্ব গুণ করিয়া পাওয়া যায়,

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \theta}=\frac{n_3}{n_0}$$

$$\therefore \quad \theta=\sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_3} \sin \alpha\right)$$

এখন $n_0=n_3$ হইলে $\theta=\alpha$ হইবে। অর্থাৎ, যদি আলোচ্য পাতটির উভয় পার্শ্বে একই মাধ্যম থাকে তবে আপতিত রশ্মি এবং নিষ্ক্রান্ত রশ্মি পরস্পর সমান্তরাল হইবে।

643. r_1 এবং r_2 ব্যাসার্ধবিশিষ্ট তল দ্বারা সীমাবদ্ধ লেন্স-এর ফোকাস-দূরত্ব f নিম্নের সমীকরণ হইতে পাওয়া যায় :

$$\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$$

এখানে μ হইল লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক। উভোত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে একটি পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধকে ধনাত্মক ধরিলে অন্যটির বক্রতা-ব্যাসার্ধ ঋণাত্মক হইবে। প্রতিসম উভোত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে উভয় পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ সমান। উভয় পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধের মান r ধরিলে লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য f-এর মান নিম্নের সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যাইবে :

$$\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{r}\right)$$

বা, $$\frac{1}{f}=(\mu-1)\frac{2}{r} \quad \ldots \quad \text{(i)}$$

প্রশ্নানুসারে, $f=r$ বলিয়া (i) হইতে পাই,

$$\frac{1}{r}=(\mu-1)\frac{2}{r}$$

বা, $(\mu-1)=\frac{1}{2}$

বা, $\mu=1\cdot5$

সুতরাং, লেন্সের কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1·5-এর সমান।

644. গোল টেবিলের ধারের কোন বিন্দুতে দীপনমাত্রার মান

$$E=\frac{I\cos}{r^2} \quad \cdots \quad (i)$$

এখানে $\cos\theta=\frac{h}{\sqrt{h^2+R^2}}$ এবং $r=\sqrt{h^2+R^2}$ (চিত্র 368) বলিয়া (i) হইতে লেখা যায়,

$$E=\frac{I.h}{(h^2+R^2)^{\frac{3}{2}}} \quad \cdots \quad (ii)$$

E-এর মান সর্বোচ্চ হইলে $\frac{dE}{dh}=0$ হইবে। কাজেই লেখা যায়,

$$\frac{d}{dh}\left\{\frac{h}{(h^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}\right\}=0$$

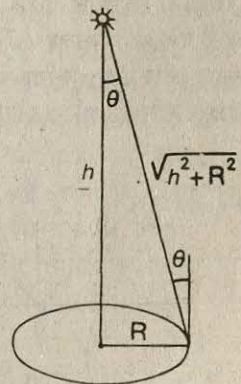
বা, $\frac{d}{dh}\left\{h\,(h^2+R^2)^{-\frac{3}{2}}\right\}=0$

বা, $(h^2+R^2)^{-\frac{3}{2}}-h.\frac{3}{2}\,(h^2+R^2)^{-\frac{5}{2}}.2h=0$

বা, $3h^2=h^2+R^2$

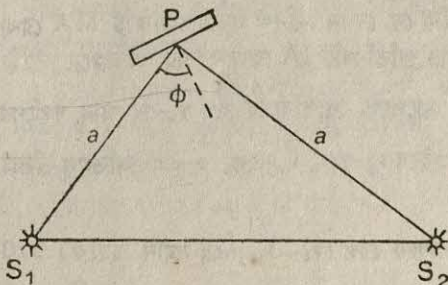
বা, $h=\frac{R}{\sqrt{2}}=0\cdot707R$

চিত্র 368

কাজেই দেখা যাইতেছে যে, ল্যাম্পের উচ্চতা টেবিলের ব্যাসার্ধ R-এর 0·707 গুণ হইলে গোল টেবিলটির ধারের বিভিন্ন বিন্দুতে দীপনমাত্রার মান সর্বোচ্চ হয়।

645. যদি প্লেট P-এর অভিলম্ব PS_1 রেখার সহিত ϕ কোণে আনত থাকে তাহা হইলে S_1-এর দরুণ P প্লেটে দীপনমাত্রা

$$E_1=\frac{I}{a^2}\cos\phi \quad \cdots \quad (i)$$

এবং S_2-এর দরুন P প্লেটে দীপনমাত্রা

$$E_2=\frac{I}{a^2}\cos(90°-\phi) \quad \cdots \quad (ii)$$

চিত্র 369

এখানে I হইল S_1 এবং S_2-এর দীপন-প্রাবল্য এবং $PS_1=PS_2=a$ (চিত্র 369)।

প্লেটে মোট দীপনমাত্রা, $E = E_1 + E_2$

$$= \frac{I}{a^2}\left\{\cos\phi + \cos(90^\circ - \phi)\right\}$$

$$= \frac{I}{a^2} \cdot 2\cos 45^\circ \cos(\alpha - 45^\circ)$$

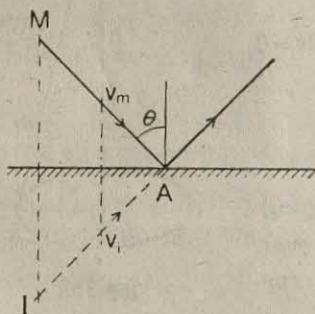
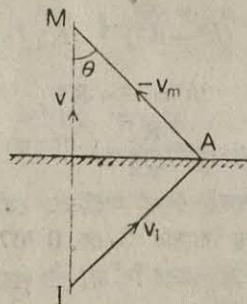
$$= \frac{\sqrt{2}\, I}{a^2} \cos(\alpha - 45^\circ)$$

স্পষ্টতই, দীপনপ্রাবল্য E-এর মান সর্বোচ্চ হইবে, যখন $\cos(\alpha - 45^\circ) = 1$

বা, $\alpha - 45^\circ = 90^\circ$ বা, $\alpha = 45^\circ$

অর্থাৎ, প্লেট P-এর তল S_1S_2 রেখার সহিত সমান্তরাল হইলে উহার দীপনমাত্রা সর্বোচ্চ হইবে। এই দীপনমাত্রার মান।

$$I = \frac{\sqrt{2}\, I}{a^2} \cdot \cos 45^\circ = \frac{2I}{a^2}$$

646. লোকটি MA পথে দর্পণের দিকে আগাইতেছে (চিত্র 370a)। MA রেখাটি দর্পণের অভিলম্ব AN-এর সহিত θ কোণে আনত। দর্পণে প্রতিফলনের দরুণ I বিন্দুতে লোকটির প্রতিবিম্ব গঠিত হইয়াছে। লোকটি যখন M' বিন্দুতে আসিবে তখন তাহার প্রতিবিম্বটি গঠিত হইবে I' বিন্দুতে। স্পষ্টতই, দর্পণের সাপেক্ষে প্রতিবিম্ব I-এর

চিত্র 370

বেগ IA সরলরেখার অভিমুখী। লক্ষণীয় যে, কোন নির্দিষ্ট সময়ে লোকটি MA রেখা বরাবর যতটা দূরত্ব অতিক্রম করে তাহার প্রতিবিম্বটি IA রেখা বরাবর ঐ সময়ে ততটা দূরত্বই অতিক্রম করে। অর্থাৎ, দর্পণের সাপেক্ষে প্রতিবিম্বের বেগ $\vec{v_i}$-এর মান দর্পণের সাপেক্ষে লোকটির বেগের মানের সমান হইবে। তবে, $\vec{v_m}$ এবং $\vec{v_i}$-এর অভিমুখ ভিন্ন ভিন্ন।

লোকটির সাপেক্ষে প্রতিবিম্বের আপেক্ষিক বেগ $(\vec{v_i} - \vec{v_m})$-এর সমান হইবে। 370 (b) নং চিত্রে এই ভেক্টর-অন্তরটি দেখান হইয়াছে। এখানে AM রেখা দ্বারা $-\vec{v_m}$ ভেক্টর এবং IA রেখা দ্বারা $\vec{v_i}$ ভেক্টরটি প্রকাশ করা হইয়াছে। এদের ভেক্টর যোগফলই লোকটির

সাপেক্ষে তাহার প্রতিবিম্বের আপেক্ষিক বেগ। ইহা IM রেখার দ্বারা সূচিত হইয়াছে। কাজেই, লোকটির সাপেক্ষে তাহার প্রতিবিম্বের আপেক্ষিক বেগের মান $2v_m\cos\theta$। ইহার অভিমুখ I হইতে M-এর দিকে। অর্থাৎ, লোকটির সাপেক্ষে প্রতিবিম্বের বেগের অভিমুখ দর্পণের তলের সহিত লম্ব হয়।

647. বায়ুতে কুয়াশা, ধূলিকণা, ধোঁয়া ইত্যাদি থাকিলে ঐ বায়ুর মধ্য দিয়া যাইবার সময় আলো চারিপার্শ্বে বিক্ষিপ্ত (scattered) হয়। এইরূপ বিক্ষেপণে আলোর তীব্রতা হ্রাস পায়। লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য দৃশ্যমান অন্যান্য আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি বলিয়া লাল আলোর ক্ষেত্রেই বিক্ষেপজনিত তীব্রতা-হ্রাস সর্বাপেক্ষা কম হইবে। এইজন্য বিপদ-সঙ্কেত হিসাবে লাল আলো ব্যবহার করা হয়। লাল আলোর বিপদ-সঙ্কেত বহু দূর হইতেই দৃষ্টিগোচর হয়। রেল লাইনের পাশে লাল আলোর সঙ্কেত থাকিলে রেল গাড়ির চালক বহু দূর হইতে দেখিতে পায় এবং গাড়ির গতি নিয়ন্ত্রণ করিয়া সম্ভাব্য দুর্ঘটনা এড়াইতে পারে।

648. কোন বস্তু এবং পর্দার মধ্যবর্তী দূরত্ব কোন উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের চারগুণ কিংবা তদপেক্ষা বেশি না হইলে বস্তু এবং পর্দার মাঝখানে ঐ লেন্স রাখিয়া পর্দার উপর বস্তুটির সদ্‌বিম্ব গঠন করা যায় না। যে-লেন্সটি বাক্সে পাওয়া গেল সেইটিকে একটি মোমবাতি এবং একটি পর্দার মাঝামাঝি রাখিয়া পর্দায় মোমবাতির প্রতিবিম্ব গঠন করা সম্ভব না হওয়ায় বুঝা গেল যে, এক্ষেত্রে পর্দা এবং মোমবাতির দূরত্ব লেন্সটির ফোকাস-দূরত্বের চারগুণের কম। পর্দা এবং মোমবাতির দূরত্ব 1 m বলিয়া বুঝা যাইতেছে যে, লেন্সটির ফোকাস-দূরত্ব 25 cm অপেক্ষা বেশি। কাজেই, এই লেন্সটির ফোকাস-দূরত্ব 30 cm। সুতরাং, যে-লেন্সটি হারাইয়া গিয়াছে উহার ফোকাস-দূরত্ব 20 cm।

649. বাহিরের আলো কাচের জানালা দিয়া ট্রেনের আরোহীর চোখে প্রবেশ করিলে কাচের প্রতিফলনে উৎপন্ন প্রতিবিম্বের দৃশ্যতা (visibility) হ্রাস পায়। সুড়ঙ্গের মধ্য দিয়া যাইবার সময় বাহিরে অন্ধকার থাকায় কোন আলো জানালার কাচের মধ্য দিয়া ট্রেনের আরোহীর চোখে আসে না। ইহাতে প্রতিফলনে গঠিত প্রতিবিম্বের দৃশ্যতা বাড়িয়া যায়। সুড়ঙ্গ হইতে বাহির হইয়া আসিলে বাহিরের আলো কাচের মধ্য দিয়া ভিতরে প্রবেশ করিয়া প্রতিবিম্ব অস্পষ্ট করিয়া দেয়।

650. বিবর্ধক কাচ হিসাবে প্রকৃতপক্ষে উত্তল লেন্স ব্যবহৃত হয়। যখন কোন ব্যক্তি বিবর্ধক কাচের মধ্য দিয়া কোন মানচিত্রের দিকে তাকায় তখন সে ঐ মানচিত্রের একটি অসদ্‌বিম্ব দেখে।

651. সমতল দর্পণের বক্রতা-ব্যাসার্ধ অসীম (infinity)। কাজেই, সমতল দর্পণকে গোলীয় দর্পণেরই একটি বিশেষ ক্ষেত্ররূপে কল্পনা করা যাইতে পারে। এক্ষেত্রে দর্পণের বক্রতা-ব্যাসার্ধ $r=\infty$ হইবে।

গোলীয় দর্পণের ফর্মুলাটি নিম্নরূপ :

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{2}{r} \qquad \cdots \qquad \text{(i)}$$

এখানে $r=0$ বসাইয়া পাই, $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=0$

বা, $v=-u$ ... (ii)

ইহা হইতে বুঝা যাইতেছে যে, সমতল দর্পণ হইতে বস্তুর দূরত্ব এবং ঐ দর্পণ হইতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব পরস্পর সমান। (ii) নং সমীকরণের ঋণাত্মক চিহ্নটির তাৎপর্য এই যে, বস্তুটি দর্পণের যে-পার্শ্বে অবস্থিত থাকে প্রতিবিম্বটি গঠিত হয় উহার বিপরীত দিকে। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে প্রতিবিম্বটি অসদ্‌বিম্ব।

652. দণ্ড-চুম্বক স্থায়ী, কিন্তু তড়িচ্চুম্বক অস্থায়ী। কাজেই, দণ্ডচুম্বক এমন পদার্থের তৈরী হওয়া প্রয়োজন যাহার চুম্বকত্ব ধারণক্ষমতা (retentivity) এবং নিগ্রহ-সহনশীলতা (coersivity) বেশি। অ্যালনিকোর চুম্বকত্ব-ধারণক্ষমতা এবং নিগ্রহ-সহনশীলতা বেশি বলিয়া স্থায়ী চুম্বক তৈরীতে অ্যালনিকো ব্যবহৃত হয়।

তড়িচ্চুম্বক এমন পদার্থের তৈরী হওয়া প্রয়োজন যাহাতে ইহার চৌম্বক-প্রবনতা (susceptibility) বেশি হয়, নিগ্রহ-সহনশীলতা এবং চুম্বকত্ব-ধারণক্ষমতা মান কম হয়। স্ট্যালয় এইরূপ একটি পদার্থ। এইজন্য তড়িচ্চুম্বক নির্মাণে স্ট্যালয় ব্যবহৃত হয়।

653. তড়িৎকোষ 'সর্ট-সার্কিট' করিলে, অর্থাৎ কোষের প্রান্তদ্বয় শূন্য রোধবিশিষ্ট একটি পরিবাহীর সাহায্যে যুক্ত করিলে, ঐ তড়িৎকোষ হইতে সর্বোচ্চ তড়িৎপ্রবাহ পাওয়া যাইবে। যদি কোন কোষের তড়িচ্চালক বল E এবং আভ্যন্তরীণ রোধ r হয় তাহা হইলে ঐ কোষ সর্বোচ্চ যে-প্রবাহ দিতে পারে উহার মান

$$(i)_{max}=\frac{E}{r}$$

কাজেই, একই তড়িচ্চালক বলের ক্ষেত্রে যে-কোষের আভ্যন্তরীণ রোধ কম সেই কোষের ক্ষেত্রেই প্রাপ্ত সর্বোচ্চ প্রবাহের মান বেশি হইবে।

আমরা জানি যে, প্রাথমিক কোষের তুলনায় গৌণ কোষের আভ্যন্তরীণ রোধ অনেক কম। ফলে, গৌণ কোষের ক্ষেত্রেই তড়িৎপ্রবাহের সর্বোচ্চ মান বেশি হয়।

654. আমরা জানি যে, সুষম প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট কোন তারের রোধ

$$R=\rho\frac{l}{A} \qquad \cdots \quad (i)$$

এখানে ρ হইল তারের উপাদানের রোধাঙ্ক।

সমীকরণ (i)-এর উভয় পার্শ্বের লগারিদ্‌ম লইয়া পাই,

$$\log_e R=\log_e\rho+\log_e l-\log_e A$$

এই সমীকরণের উভয় পার্শ্বের অন্তরকলন (differentiation) করিয়া পাই,

$$\frac{dR}{R}=\frac{dl}{l}-\frac{dA}{A} \qquad [\rho=\text{ধ্রুবক বলিয়া}] \qquad \cdots \quad (ii)$$

আবার, তারের আয়তন ধ্রুবক বলিয়া লেখা যায়,

$$l.A=\text{ধ্রুবক}$$

$$\therefore \quad \frac{dl}{l}=-\frac{dA}{A} \qquad \cdots \quad (iii)$$

(iii) নং সমীকরণ হইতে $\frac{dA}{A}$-এর মান বসাইয়া পাই,

$$\frac{dR}{R}=2.\frac{dl}{l}$$

$$\therefore \frac{dR}{R}\times 100\%=2.\frac{dl}{l}\times 100\%$$

কিন্তু $\frac{dl}{l}\times 100\%=0\ 1\%$ বলিয়া লেখা যায়,

$$\frac{dR}{R}=2\times 0{\cdot}1\%=0{\cdot}2\%$$

655. 0°C উষ্ণতায় পরিবাহী দুইটির শ্রেণী সমবায়ের রোধ

$$R_{os}=R_{o1}+R_{o2}$$

অনুরূপভাবে, t°C উষ্ণতায় এই শ্রেণী সমবায়ের রোধ হইবে

$$R_{ts}=R_{o1}(1+\alpha_1 t)+R_{o2}(1+\alpha_2 t)$$
$$=(R_{o1}+R_{o2})+(\alpha_1 R_{o1}+\alpha_2 R_{o2})t$$
$$=(R_{o1}+R_{o2})\left[1+\frac{\alpha_1 R_{o1}+\alpha_2 R_{o2}}{R_{o1}+R_{o2}}.\ t\right]$$

বা, $$R_{ts}=R_{os}\left[1+\frac{\alpha_1 R_{o1}+\alpha_2 R_{o2}}{R_{o1}+R_{o2}}\right] \quad \ldots \quad \text{(i)}$$

যদি আলোচ্য বর্তনীর রোধের তুল্য উষ্ণতা-গুণাঙ্ক α_s হয় তাহা হইলে লেখা যায়,

$$R_{ts}=R_{os}(1+\alpha_s t) \quad \ldots \quad \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) তুলনা করিয়া পাই,

$$\alpha_s=\frac{\alpha_1 R_{o1}+\alpha_2 R_{o2}}{R_{o1}+R_{o2}}$$

(ii) 0°C উষ্ণতায় পরিবাহী দুইটির সমান্তরাল সমবায়ের রোধ

$$R_{op}=\frac{R_{o1}\times R_{o2}}{R_{o1}+R_{o2}} \quad \ldots \quad \text{(iii)}$$

অনুরূপভাবে, t°C উষ্ণতায় এই সমান্তরাল সমবায়ের রোধ

$$R_{tp}=\frac{R_{o1}R_{o2}(1+\alpha_1 t)(1+\alpha_2 t)}{R_o(1+\alpha_1 t)+R_{o2}(1+\alpha_2 t)} \quad \ldots \quad \text{(iv)}$$

যদি আলোচ্য বর্তনীর তুল্য উষ্ণতা-গুণাঙ্ক α_p হয় তাহা হইলে লেখা যায়,

$$R_{tp}=R_{op}(1+\alpha_p t) \quad \ldots \quad \text{(v)}$$

(iii), (iv) এবং (v) হইতে পাই,

$$\frac{R_{o1}R_{o2}(1+\alpha_1 t)(1+\alpha_2 t)}{R_{o1}(1+\alpha_1 t)+R_{o2}(1+\alpha_2)t}=\frac{R_{o1}R_{o2}}{R_{o1}+R_{o2}}(1+\alpha_p t)$$

বা, $$\frac{1+(\alpha_1+\alpha_2)t}{(R_{o1}+R_{o2})+(\alpha_1 R_{o1}+\alpha_2 R_{o2})t}=\frac{1}{R_{o1}+R_{o2}}(1+\alpha_p t)$$

[$\alpha_1\alpha_2 t^2$ উপেক্ষা করিয়া]

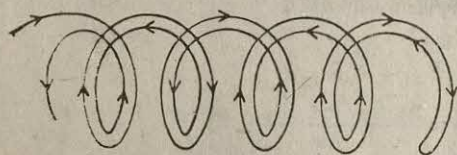
বা, $$\frac{(R_{o1}+R_{o2})\{1+(\alpha_1+\alpha_2)t\}}{(R_{o1}+R_{o2})+(\alpha_1 R_{o1}+\alpha_2 R_{o2})t}=1+\alpha_p t$$

বা, $1+\frac{\{(R_{01}+R_{02})(\alpha_1+\alpha_2-(\alpha_1R_{01}+\alpha_2R_{02})\}t}{(R_{01}+R_{02})+(\alpha_1R_{01}+\alpha_2R_{02})t}=1+\alpha_p t$

বা, $\frac{\alpha_2R_{01}+\alpha_1R_{02}}{(R_{01}+R_{02})+(\alpha_1R_{01}+\alpha_2R_{02})t}=\alpha_p$

$(R_{01}+R_{02})$-এর সাপেক্ষে $(\alpha_1R_{01}+\alpha_2R_{02})t$ উপেক্ষা করিয়া পাই,

$$\alpha_p=\frac{\alpha_2R_{01}+\alpha_1R_{02}}{R_{01}+R_{02}}$$

656. কোন তারকে কুণ্ডলীর আকারে জড়াইয়া উহার মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে স্বাবেশ প্রক্রিয়ার (self-induction) জন্য উহাতে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়। প্রমাণ রোধককে স্বাবেশ প্রক্রিয়া হইতে মুক্ত রাখিবার জন্য পরিবাহী তারকে দুই-ভাঁজ করিয়া লইয়া পরে উহাকে কুণ্ডলীর আকারে জড়ানো হয়। ইহার ফলে কুণ্ডলীর এক অর্ধাংশের স্বাবেশ অন্য অর্ধাংশের স্বাবেশ-এর দ্বারা প্রতিমিত হইয়া যায়।

চিত্র 371

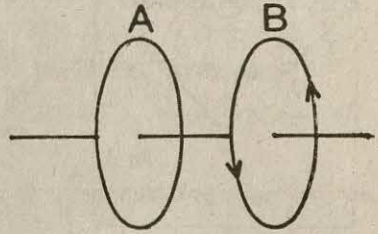
657. ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুণ্ডলীতে পরিবর্তী তড়িচ্চালক বল প্রযুক্ত হইলে পরিবর্তী তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের ফলে ট্রান্সফর্মারের মজ্জায় (core) বিক্ষুব্ধ প্রবাহ (eddy current) সৃষ্টি হয়। এই প্রবাহের মান যত বেশি হয় মজ্জায় প্রতি একক আয়তনে শক্তিক্ষয়ের মানও তত বেশি হয়। অর্থাৎ, বিক্ষুব্ধ প্রবাহের মান বেশি হইলে মজ্জায় শক্তিক্ষয় হয়। এই শক্তিক্ষয়কে বিক্ষুব্ধ প্রবাহজনিত শক্তিক্ষয় (eddy current loss) বলা হয়। এই শক্তিক্ষয় বেশি হইলে ট্রান্সফর্মারের মজ্জা যথেষ্ট উত্তপ্ত হইয়া উঠিতে পারে। ট্রান্সফর্মারের মজ্জায় উৎপন্ন বিক্ষুব্ধ প্রবাহের মান কমাইবার জন্য এই এই যন্ত্রের মজ্জাকে কতকগুলি পাতলা পাতের সাহায্যে তৈয়ারী করা হয়। এই পাতলা পাতগুলি পরস্পর অন্তরিত (insulated) অবস্থায় থাকে বলিয়া মজ্জার কার্যকর বৈদ্যুতিক রোধ হ্রাস পায়, ফলে বিক্ষুব্ধ প্রবাহও কমিয়া যায়। সুতরাং, এইরূপ মজ্জা ব্যবহার করিলে ট্রান্সফর্মারের মজ্জায় 'লৌহ ক্ষয়' (iron loss) কম হয়।

658. কোন তামার পাতের উপর একটি চুম্বক-শলাকা আন্দোলিত হইতে থাকিলে তামার পাতে চৌম্বক বলরেখার সংখ্যার পরিবর্তন ঘটিবে। ইহাতে তামার পাতে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়। তামার পাত সুপরিবাহী বলিয়া এই আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল তামার পাতে বিক্ষুব্ধ প্রবাহ (eddy current) উৎপন্ন করে। এই বিক্ষুব্ধ তড়িৎ-প্রবাহ যে-চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি করে লেঞ্জ-এর সূত্র (Lenz's law) অনুসারে সেই চৌম্বক ক্ষেত্র চুম্বক-শলাকার আন্দোলনকে বাধা দেয়। ফলে চুম্বক-শলাকাটি তাড়াতাড়ি স্থির অবস্থায় আসে।

কিন্তু স্থির তামার পাতের পরিবর্তে আন্দোলনরত চুম্বক-শলাকার নিচে কাচের পাত থাকিলে ঐ পাতে বিক্ষুব্ধ তড়িৎপ্রবাহ উৎপন্ন হইবে না, কেননা কাচ বিদ্যুতের

কুপরিবাহী। কাজেই, এক্ষেত্রে আবিষ্ট বিক্ষুব্ধ প্রবাহের দরুন চুম্বক-শলাকায় গতি বাধা পায় না।

659. একটি উচ্চ শক্তিসম্পন্ন চুম্বকের দুই মেরুর মধ্য দিয়া কোন তামার মুদ্রা পড়িতে থাকিলে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের দরুন মুদ্রার মধ্য দিয়া বিক্ষুব্ধ প্রবাহ (eddy current) সৃষ্টি হয়। লেঞ্জ-এর সূত্র (Lenz's law) অনুসারে, এই বিক্ষুব্ধ তড়িৎপ্রবাহের দরুন উৎপন্ন চৌম্বক ক্ষেত্র তামার মুদ্রার পতনে বাধা সৃষ্টি করিবে। এই জন্য দুই চৌম্বক মেরুর মধ্য দিয়া পতনশীল মুদ্রা অন্যত্র বাধাহীনভাবে পতনশীল মুদ্রা অপেক্ষা মন্থরভাবে পড়িবে।

660. (i) যখন B কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ বাড়িতে থাকে তখন A কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত বলরেখার সংখ্যা বাড়িতে থাকে (চিত্র 372)। ইহাতে A কুণ্ডলীতে B কুণ্ডলীর প্রবাহের বিপরীতমুখী তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হয়। কাজেই, B কুণ্ডলী হইতে দেখিলে A কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ ঘড়ির কাঁটার অভিমুখী বা দক্ষিণাবর্তী হইবে। কেননা A কুণ্ডলী হইতে দেখিলে B কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ দক্ষিণাবর্তী।

চিত্র 372

(ii) যখন B কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহের মান স্থির রাখিয়া ইহাকে A কুণ্ডলীর দিকে আগাইয়া আনা হয় তখন A কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা বাড়িতে থাকে। ইহাতে A কুণ্ডলীতে B কুণ্ডলীর প্রবাহের বিপরীতমুখী তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হয়। সুতরাং এক্ষেত্রেও B কুণ্ডলী হইতে দেখিলে A কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ হইবে দক্ষিণাবর্তী।

661. আমরা জানি যে, সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত $r_1, r_2, r_3, \cdots, r_i, r_{i+1}, \cdots r_n$ রোধগুলির তুল্য রোধ (equivalent resistance) R হইলে

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+\frac{1}{r_3}+\cdots+\frac{1}{r_i}+\frac{1}{r_{i+1}}+\cdots\cdots+\frac{1}{r_n} \qquad \cdots \quad (i)$$

মনে করি, সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত রোধগুলির মধ্যে r_i রোধটির মান ক্ষুদ্রতম। (i) নং সমীকরণ হইতে স্পষ্টতই লেখা যায়,

$$\frac{1}{R}>\frac{1}{r_i} \qquad \cdots \quad (ii)$$

(কারণ, প্রতিটি রোধই ধনাত্মক)

(ii) নং অসমীকরণ হইতে পাই, $R<r_i$

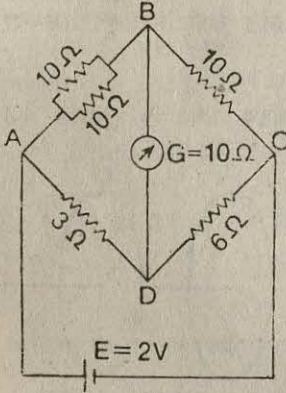
কাজেই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, একাধিক রোধের সমান্তরাল সমবায়ের তুল্য রোধ বর্তনীর রোধগুলির ক্ষুদ্রতমটি অপেক্ষাও কম।

662. 373 নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে,

AB বাহুর রোধ=P (ধরি)$=\frac{10\times10}{10+10}\Omega=5\Omega$

BC বাহুর রোধ=Q (ধরি)$=10\Omega$

AD বাহুর রোধ=R (ধরি)$=3\Omega$

DC বাহুর রোধ=S (ধরি)$=6\ \Omega$

চিত্র 373

কাজেই, $\frac{P}{Q}=\frac{5}{10}=0\cdot5$ ... (i)

$\frac{R}{S}=\frac{3}{6}=0\cdot5$ ... (ii)

সুতরাং, $\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$

আমরা জানি যে, এই শর্ত পালিত হইলে গ্যালভানোমিটার নিস্পন্দ অবস্থায় আসে। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে গ্যালভানোমিটারের তড়িৎ-প্রবাহ শূন্য হইবে।

663. 374 নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে,

AB বাহুর রোধ=P (ধরি)$=\frac{10\times10}{10+10}\Omega$
$=5\Omega$

BC বাহুর রোধ=Q (ধরি)$=\frac{4\times X}{4+X}\Omega$

AD বাহুর রোধ=R (ধরি)$=12\cdot5\ \Omega$

DC বাহুর রোধ=S (ধরি)$=6\Omega$

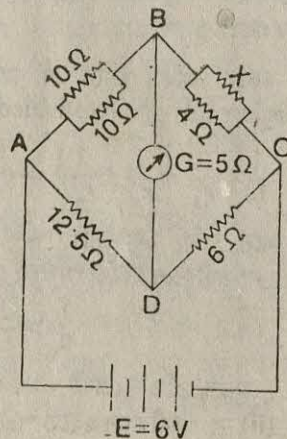
এখন গ্যালভানোমিটার বর্তনীর রোধ শূন্য বলিয়া লেখা যায়, $\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$

বা, $\frac{5\Omega}{\frac{4X}{4+X}}=\frac{12\cdot5}{6}$

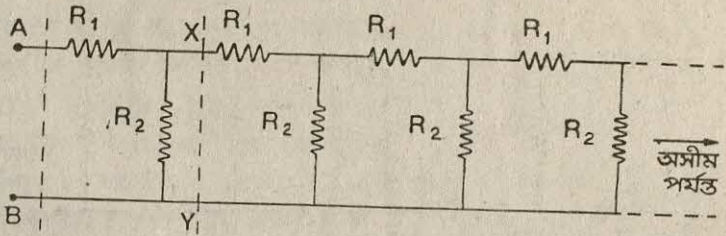
বা, $\frac{4X}{4+1}=\frac{30}{12\cdot5}$

বা, $50X=120+30X$

বা, $X=6\Omega$

কাজেই, দ্বিতীয় বাহুর অজানা রোধ X-এর মান 6Ω।

চিত্র 374

664. বর্তনীটি R_1 এবং R_2 রোধের সংযোজনে গঠিত অসীম সংখ্যক সদৃশ অংশে

গঠিত বলিয়া ঐ অংশগুলির মধ্যে একটি বাদ দিলেও বর্তনীর মোট রোধের কোন পরিবর্তন হইবে না।

চিত্র 375

375 নং চিত্রে দুইটি কাঁটা লাইন দিয়া বর্তনীর যে-অংশ দেখান হইয়াছে সে অংশ বাদ দিলেও বাকি বর্তনীর রোধ অপরিবর্তিত থাকিবে। অর্থাৎ A এবং B বিন্দুর মধ্যে মূল বর্তনীর রোধ X এবং Y বিন্দুর মধ্যে অবশিষ্ট বর্তনীর রোধের সহিত অভিন্ন হইবে।

মনে করি, A এবং B বিন্দুতে সমগ্র বর্তনীর রোধ $=R$। কাজেই, X এবং Y বিন্দুতে বাকি বর্তনীর (ডান পার্শ্বের) রোধও R হইবে। এই সত্য কাজে লাগাইয়া 376 নং চিত্রের বর্তনীর নিম্নরূপ তুল্য বর্তনী আঁকা যায়।

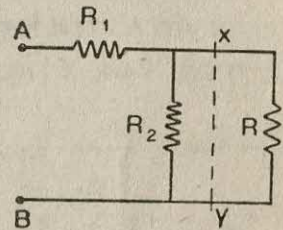
চিত্র 376

A এবং B বিন্দুর মধ্যবর্তী রোধও R বলিয়া লেখা যায়,

$$R=R_1+\frac{R_2R}{R_2+R}$$

বা, $$R-R_1=\frac{RR_2}{R+R_2}$$

বা, $$R^2-RR_1+RR_2-R_1R_2=RR_2$$

বা, $$R^2-RR_1-R_1R_2=0$$

ইহা একটি দ্বিঘাত সমীকরণ। এই সমীকরণের সমাধান করিয়া R-এর দুইটি সম্ভাব্য মান পাওয়া যায়। এই মান দুইটি হইল

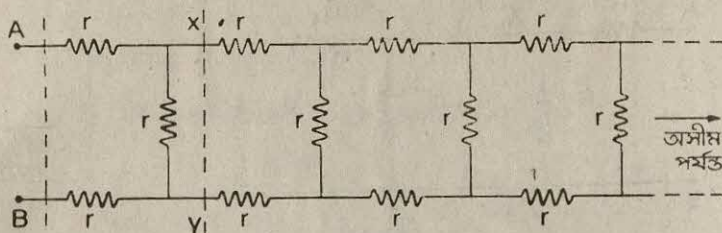
$$\tfrac{1}{2}\left[R_1\pm\sqrt{R_1^2+4R_1R_2}\right]$$

কিন্তু বর্তনীর রোধ R-এর মান ঋণাত্মক হইতে পারে না বলিয়া লেখা যায়,

$$R=\tfrac{1}{2}\left[R_1+\sqrt{R_1^2+4R_1R_2}\right]$$

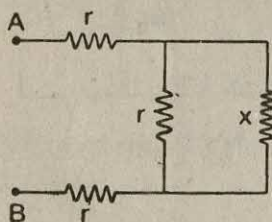
$$=\frac{R_1}{2}\left[1+\sqrt{1+\frac{4R_2}{R_1}}\right]$$

665. বর্তনীটি অসীম সংখ্যক সদৃশ একক যুক্ত করিয়া তৈরী বলিয়া উহাদের মধ্যে

একটি একক বাদ দিলেও বর্তনীর মোট রোধের কোন পরিবর্তন হইবে না। চিত্রটির সাহায্যে বিষয়টি বোঝা যাইবে।

চিত্র 377

377 নং চিত্রে দুইটি কাটা লাইন আঁকিয়া বর্তনীর যে অংশ দেখানো হইয়াছে সেই অংশ বাদ দিলেও বাকি বর্তনীর রোধ অপরিবর্তিত থাকে। অর্থাৎ, A এবং B বিন্দুর মধ্যে মূল বর্তনীর রোধ X এবং Y বিন্দুর মধ্যে অবশিষ্ট বর্তনীর রোধের সহিত অভিন্ন হইবে।

মনে করি, A এবং B বিন্দুতে সমগ্র বর্তনীর রোধ $=x$

কাজেই, X এবং Y বিন্দুতে বাকি বর্তনীর রোধও x হইবে। এই সত্য কাজে লাগাইয়া আলোচ্য বর্তনীর তুল্য বর্তনী হইবে 378 চিত্রের অনুরূপ।

চিত্র 378

কাজেই, A এবং B বন্ধনীর মধ্যে রোধ

$$=2r+\frac{rx}{r+x}$$

কিন্তু, ইহা আবার x-এর সমান। কাজেই,

$$x=2r+\frac{rx}{r+x}$$

বা, $$(x-2r)=\frac{rx}{r+x}$$

বা, $$x^2-2rx-2r^2=0$$

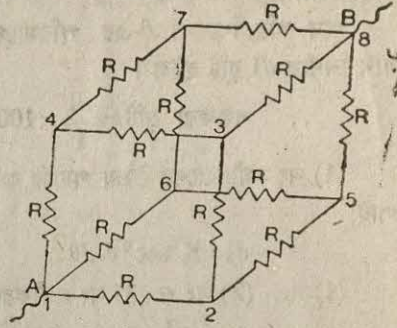
ইহা একটি দ্বিঘাত সমীকরণ। এই সমীকরণের সমাধান করিয়া x-এর দুইটি সম্ভাব্য মান পাওয়া যায়। এই মান দুইটি হইল

$$\tfrac{1}{2}[2r\pm\sqrt{4r^2+8r^2}]=r\pm r\sqrt{3}$$

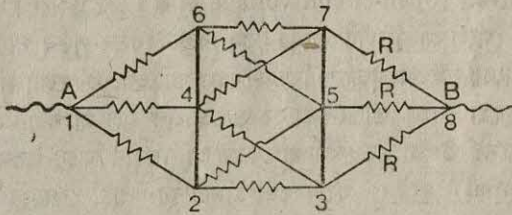
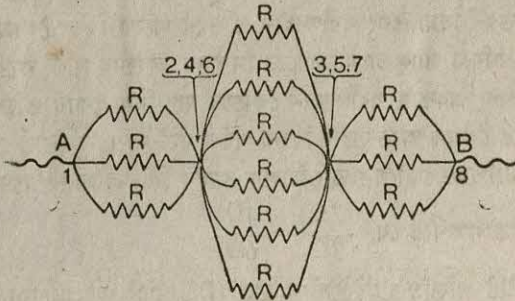
বর্তনীর রোধ ঋণাত্মক হইতে পারে না বলিয়া বর্তনীর গ্রহণযোগ্য মান

$$x=r(1+\sqrt{3})$$

666. ঘনকটির প্রতিসাম্য (symmetry) হইতে ইহা স্পষ্ট যে, ইহার 2, 3 এবং 6 চিহ্নিত কৌণিক বিন্দুগুলির তড়িৎ-বিভব অভিন্ন (চিত্র 379)। একইভাবে 4, 5, 7 চিহ্নিত কৌণিক বিন্দুগুলির তড়িৎ-বিভবও অভিন্ন। কাজেই, 2, 3, 7 কৌণিক

বিন্দুগুলিকে এবং 4, 5, 7 কৌণিক বিন্দুগুলিকে দুইটি রোধ-বিহীন পরিবাহীর দ্বারা যুক্ত করিলেও ঘনকের তুল্য রোধের কোন পরিবর্তন ঘটিবে না। এইরূপ সমবিভব-সম্পন্ন কৌণিক বিন্দুগুলির মধ্যে রোধবিহীন তারের উপস্থিতি ধরিয়া লইয়া তারের ঘনকটিকে 380 (a) নং চিত্রের তুল্য বলিয়া ধরা যায়। লক্ষণীয় যে, এক্ষেত্রে 2,3 এবং 6 বিন্দুগুলির সঙ্গে যুক্ত রোধবিহীন তার W_1 এবং 4, 5, 7 বিন্দুগুলির সঙ্গে যুক্ত রোধ-বিহীন তার W_2-এর মধ্যে 2-3, 2-5, 4-3, 4-7, 6-5 এবং 6-7 এই ছয়টি রোধ সমান্তরালভাবে ক্রিয়াশীল। ঘনকটির তুল্য এই বর্তনী আবার 380 (b) নং চিত্রে দেখান বর্তনীর তুল্য।

চিত্র 379

কাজেই, A এবং B বিন্দুর মধ্যে বর্তনীর রোধ R_{eq} হইলে লেখা যায়,

$$R_{eq}=\frac{R}{3}+\frac{R}{6}+\frac{R}{3}=\frac{5}{6}R$$

চিত্র 380 (a)

চিত্র 380 (b)

অর্থাৎ, A এবং B বিন্দুর মধ্যে ঘনকটির রোধ হইবে $\frac{5}{6}$ R।

667. গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ যখন 45° বা উহার কাছাকাছি, তখন তড়িৎ-

প্রবাহ নির্ণয়ের ত্রুটি সর্বাপেক্ষা কম। গাণিতিক উপায়ে ইহা সহজেই দেখান যায়।
আমরা জানি, $I = K \tan\theta$ ... (1)

মনে করি, বিক্ষেপ θ-এর পরিমাপে $d\theta$ ত্রুটি হইল। ইহাতে তড়িৎ-প্রবাহের মান নির্ণয়ে dI ত্রুটি হইল।

$$\therefore \text{ শতকরা ত্রুটি} = \frac{dI}{I} \times 100\% \quad \text{... (2)}$$

(1) নং সমীকরণের উভয় পার্শ্বের অন্তরকলন (differentiation) করিয়া আমরা পাই,

$$dI = K \sec^2\theta \, d\theta \quad \text{... (3)}$$

(1) নং, (2) নং ও (3) নং সমীকরণ হইতে আমরা লিখিতে পারি,

$$\text{শতকরা ত্রুটি} = \frac{dI}{I} \times 100 = \frac{\sec^2\theta \, d\theta}{\tan\theta} \times 100 = \frac{2d\theta}{\sin 2\theta} \times 100$$

বিক্ষেপ নির্ণয়ের ত্রুটি $d\theta$ নির্দিষ্ট। সুতরাং, শতকরা ত্রুটির মান সর্বনিম্ন হইবে, যখন $\sin 2\theta = 1$

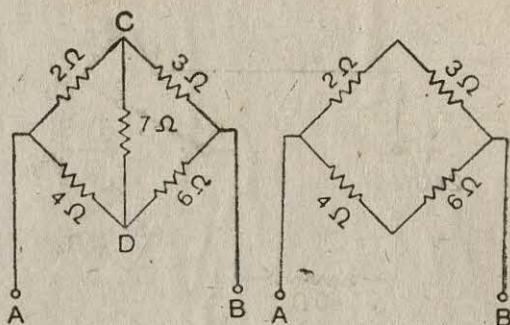
বা, $\theta = 45^\circ$

668. কোন তড়িৎ-কোষের তড়িচ্চালক বল বলিতে আমরা ঐ কোষের দুই খোলা-বর্তনী ভোল্টেজ (open-circuit voltage) বুঝি। তড়িৎ-কোষের মধ্য দিয়া কোন তড়িৎ-প্রবাহ গেলে আভ্যন্তরীণ রোধের দরুন কিছুটা বিভব-পতন ঘটে। কাজেই, এইরূপ অবস্থায় কোষের দুই তড়িদ্দ্বারের বিভব-বৈষম্য তড়িচ্চালক বলের সমান হয় না। ভোল্টমিটারের সাহায্যে কোন তড়িৎ-কোষের তড়িচ্চালক বল মাপিবার সময় ভোল্ট-মিটারের রোধের মানের উপর নির্ভর করিয়া কোষে আভ্যন্তরীণ বিভব-পতন (internal drop of potential) ঘটে। ফলে ভোল্টমিটারের পাঠ কোষের তড়িচ্চালক বলের পাঠের তুলনায় কম হয়। ফলে তড়িচ্চালক বল নির্ণয়ে কিঞ্চিৎ ত্রুটি থাকে।

পোটেনসিওমিটার বর্তনীতে এমন ব্যবস্থা থাকে যাহাতে পোটেনসিওমিটারের দুইটি বিন্দুর মধ্যবর্তী বিভব-বৈষম্য এবং পরীক্ষাধীন তড়িৎ-কোষের বিভব-বৈষম্য পরস্পরের বিপরীতমুখী ক্রিয়া করিয়া গ্যালভানোমিটারের নিস্পন্দ অবস্থার সৃষ্টি করে। গ্যাল-ভানোমিটারের নিস্পন্দ অবস্থায় পরীক্ষাধীন কোষের মধ্য দিয়া কোন তড়িৎ-প্রবাহ যায় না। ফলে এক্ষেত্রে কোষে আভ্যন্তরীণ বিভব-পতন ঘটে না। সুতরাং, পোটেনসিও-মিটারের সাহায্যে মাপিলে কোষের তড়িচ্চালক বলের নির্ভুল মান পাওয়া যায়।

669. এক্ষেত্রে লক্ষণীয় যে, $\frac{2\Omega}{3\Omega} = \frac{4\Omega}{6\Omega}$

কাজেই, বর্তনীটি প্রতিমিত হুইটস্টোন ব্রিজ (Balance wheatstone bridge)-এর অনুরূপ। অর্থাৎ, A এবং B বিন্দুর মধ্যে কোন বিভব-বৈষম্য প্রয়োগ করিলে C এবং D বিন্দুর বিভব অভিন্ন হইবে এবং ঐ দুই বিন্দুর সহযোজী 7Ω রোধটির মধ্য দিয়া কোন তড়িৎ-প্রবাহ যাইবে না। সুতরাং, বর্তনীতে এই রোধটির অস্তিত্ব উপেক্ষা করা যায়।

কাজেই, 381 নং চিত্রের বর্তনীটি আলোচ্য বর্তনীর তুল্য। সুতরাং, A এবং B-এর মধ্যে কার্যকর রোধ R হইলে লেখা যায়,

চিত্র 381

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{5\Omega}+\frac{1}{10\Omega}$$

বা, $R=\frac{10}{3}\Omega=3\frac{1}{3}\Omega$

670. আলোচ্য সমান্তরাল সমবায়ের তুল্য রোধ R হইলে লেখা যায়,

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{N+1}+\frac{1}{N+2}+\cdots\cdots+\frac{1}{2N-1}+\frac{1}{2N}\Omega^{-1} \quad \cdots \quad (i)$$

এখানে N হইল পরিবাহীর সংখ্যা। এখন, (N+1), (N+2), (N+3),···, (2N−1)—ইহারা 2N অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর বলিয়া (i) নং সমীকরণ হইতে লেখা যায়,

$$\frac{1}{R}>\frac{1}{2N}+\frac{1}{2N}+\cdots\cdots+\frac{1}{2N}+\frac{1}{2N}\Omega^{-1}$$

বা, $\frac{1}{R}>\frac{1}{2N}\cdot N\Omega^{-1}$

বা, $\frac{1}{R}>\frac{1}{2}\Omega^{-1}$

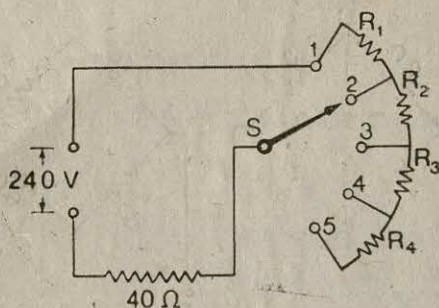
বা, $R<2\ \Omega$

671. স্লাইডার S যখন অপরিবর্তনীয় রোধের 1 চিহ্নিত স্পর্শবিন্দুকে স্পর্শ করিয়া থাকে তখন বর্তনীর তড়িৎ-প্রবাহ

$$i=\frac{240\ V}{40\ \Omega}=6A$$

শর্তানুসারে, স্লাইডারটি যখন 2 চিহ্নিত স্পর্শবিন্দুতে যুক্ত অবস্থায় থাকে তখন তড়িৎ-প্রবাহ হয় (6−1) বা 5A।

$$\therefore \quad \frac{240}{40+R_1}=5A \quad \therefore\ R_1=8\Omega \quad \cdots \quad (i)$$

অনুরূপভাবে, স্লাইডারটি যখন 3 চিহ্নিত স্পর্শবিন্দুতে যুক্ত অবস্থায় থাকে তখন বর্তনীর প্রবাহ হয় (5−1) বা 4A।

চিত্র 382

$$\therefore \quad \frac{240}{40+(R_1+R_2)}=4A$$

$$\therefore \quad R_1+R_2=20\ \Omega \qquad \cdots \quad \text{(ii)}$$

(i) এবং (ii) হইতে পাই, $R_2 = 12\ \Omega$

অনুরূপভাবে লেখা যায়,

$$\frac{240}{40+R_1+R_2+R_3}=3A$$

বা, $R_1+R_2+R_3=40\ \Omega$ ··· (iii)

(ii) এবং (iii) হইতে পাই, $R_3 = 20\ \Omega$

একইভাবে, $\dfrac{240}{40+R_1+R_2+R_3+R_4}=2A$

বা, $R_1+R_2+R_3+R_4=80\Omega$ ··· (iv)

(iii) এবং (iv) হইতে পাই, $R_4 = 40\Omega$

672. কোন মৌলের যোজ্যতা উহার পরমাণুতে বিদ্যমান মোট ইলেকট্রনের সংখ্যার উপর নির্ভর করে না, আংশিকভাবে পূর্ণ বহিস্তম কক্ষপথের ইলেকট্রন-সংখ্যার উপর নির্ভর করে। লিথিয়াম, সোডিয়াম এবং পটাসিয়ামের পরমাণুতে মোট ইলেকট্রনের সংখ্যা বিভিন্ন হইলেও এই মৌলগুলির প্রতিটির পরমাণুর বহিস্তম কক্ষপথে একটি করিয়া ইলেকট্রন থাকে। এই কারণেই এই মৌলগুলি একযোজী।

673. উক্তিটি সত্য। ধাতব বলের উচ্চ শক্তিসম্পন্ন X-রশ্মি আপতিত হইলে উহা হইতে ফটো-ইলেকট্রন নিঃসৃত হয় এবং বলটি ধনাত্মক তড়িতে আহিত হইয়া পড়ে। ইহার ফলে ধাতব বলটি তড়িৎক্ষেত্রের অভিমুখে বিক্ষিপ্ত হয়।

———

পদার্থবিজ্ঞানের অঙ্ক

[**প্রথম খণ্ড :** বলবিজ্ঞান, সাধারণ পদার্থবিজ্ঞান, তাপবিজ্ঞান এবং কম্পন ও তরঙ্গ]

[**দ্বিতীয় খণ্ড :** আলোকবিজ্ঞান, চুম্বকত্ব, স্থির তড়িৎ, প্রবাহী তড়িৎ ও আধুনিক পদার্থবিজ্ঞান]

পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন তত্ত্বের প্রয়োগ-সম্পর্কে অঙ্ক না কষিলে ঐ সকল বিষয় সম্বন্ধে সুস্পষ্ট ধারণা জন্মে না। নানা কারণে পাঠ্যপুস্তকে উপযুক্ত সংখ্যক অঙ্ক কষিয়া দেওয়া সম্ভব হয় না। 'পদার্থবিজ্ঞানের অঙ্ক' বই দুইটি পাঠ্যপুস্তকের এই অসম্পূর্ণতা দূর করিবে। পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত সকল বিষয়ের উপর সম্ভাব্য নানাপ্রকার অঙ্ক এই গ্রন্থগুলিতে কষিয়া দেওয়া হইয়াছে এবং অনুরূপ বহুসংখ্যক অঙ্ক ছাত্রছাত্রীদের অনুশীলনের উদ্দেশ্যে কষিতেও দেওয়া হইয়াছে। দেশী ও বিদেশী বহু গ্রন্থ অনুসন্ধান করিয়া গ্রন্থকারদ্বয় অনেক নূতন ধরনের অঙ্ক সংগ্রহ করিয়াছেন এবং এই গ্রন্থ দুইটিতে স্থান দিয়াছেন। যে-সকল ছাত্রছাত্রী প্রতিযোগিতামূলক পরীক্ষায় বসিতে ইচ্ছুক এই গ্রন্থের দ্বারা তাহারা বিশেষভাবে উপকৃত হইবে।